

## A EFICÁCIA DOS TRATAMENTOS AQUOSOS PARA O CLAREAMENTO DA CELULOSE

ELIAS, Isis Baldini

Conservadora restauradora de obras de arte em suporte de papel, especialista em papel pela Faculdade Oswaldo Cruz, mestre na área de ação cultural pela ECA/USP, Doutoranda na área de Ciência da Informação pela ECA/USP. Centro de Pesquisa do Papel – Conservação e Restauo, Rua Jacira, 22, Moema – São Paulo, fax: (11)5533-822 e-mail: [isisbaldini@cgp-ib.com](mailto:isisbaldini@cgp-ib.com)

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero

Bacharel em Química com Atribuições Tecnológicas, Instituto de Química da Universidade de São Paulo, mestre na área de Química Analítica, pelo mesmo Instituto. Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A. -IPT, atuando em assuntos relacionados à área de celulose e papel e gerenciando projetos relativos ao controle de qualidade e desenvolvimento de especificações. Av. Prof. Almeida Prado, 532, C. Universitária – São Paulo, fax (11) 3767-4098 – e-mail: [malu@ipt.br](mailto:malu@ipt.br)

### Resumo

Embora etapas de intervenção que envolva o clareamento da celulose estejam sendo utilizadas cada vez menos no tratamento de livros e documentos ainda é bastante empregada no tratamento de obras de arte em suporte de papel. O clareamento é uma etapa polêmica e infelizmente pouco assumida, embora realizada, justamente por atuar diretamente na leitura estética da obra, modificando-a e alterando-a muitas vezes de forma significativa. A finalidade desta pesquisa foi analisar as conseqüências dos tratamentos clareantes através da análise das alterações estéticas e estruturais ocorridas no papel após sua aplicação.

### Abstract

Bleaching techniques have been used with much less frequency in books and documents restoration than in works of art on paper. Bleaching is a polemic technique and unfortunately not properly taken on account, even being a technique that acts directly in the aesthetic interpretation of the work, many times modifying it in significant way. This study applied different bleaching techniques and observed the influence of each one on the aesthetic and structural paper properties.

**Palavras Chaves:** Clareamento, Papel, Celulose, Conservação

## **1 INTRODUÇÃO**

Por clareamento entende-se uma reação química que produzirá um branqueamento no papel, suavizando ou removendo manchas de naturezas diversas. Embora este seja um tratamento polêmico por ter sua aplicação relacionada à aceleração da degradação físico-química do papel e por atuar diretamente em sua leitura estética, é bastante utilizado no restauro de obras de arte.

No Brasil, pesquisas sobre a eficácia dos tratamentos clareantes da celulose voltadas para a área de conservação e restauro é, praticamente, inexistente. Esta lacuna pode ser devida ao preconceito existente em relação a estes tratamentos, preconceito que não têm impedido o uso desta técnica, aplicada freqüentemente sem fundamentação científica, gerando tratamentos inadequados que muitas vezes resultam, com o tempo, no aparecimento de outras manchas.

Em 2001 quando o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT – através do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – lançou um edital para financiamento de atividades de pesquisa na área de conservação e restauração de bens do patrimônio cultural brasileiro, considerou-se que seria uma oportunidade para aprofundar as pesquisas no campo do clareamento da celulose, tendo como objetivo principal verificar a eficácia dos tratamentos de clareamento mais praticados pelos restauradores brasileiros.

Um estudo extenso sobre o assunto foi realizado englobando pesquisa de campo, aplicações de tratamentos clareantes e ensaios nos substratos tratados. Neste trabalho será apresentado uma parte deste estudo relativa a tratamentos com hipoclorito de sódio, hidróxido de cálcio e peróxido de sódio. Estes foram os clareantes apontados pela pesquisa de campo como os mais freqüentemente usados pelos restauradores.

## **2 METODOLOGIA**

A metodologia consistiu basicamente em aplicar os produtos clareantes, sob condições específicas, em substratos selecionados e verificar a eficácia dos tratamentos por meio da análise das alterações estéticas e estruturais ocorridas nesses, após envelhecimento acelerado. Para a medida da eficácia considerou-se parâmetros que pudessem medir variações dimensionais, de resistência e de aparência.

### **2.1 Substratos selecionados**

Foram selecionados três substratos: papel de trapo (PT), papel de polpa química (PQ) e papel de polpa mecânica (PM).

### **2.2 Condições de tratamento aplicadas**

As condições de tratamento empregadas para cada tipo de clareante estão apresentadas, respectivamente, nas Tabelas 1, 2 e 3 e as especificações dos clareantes na tabela 4. A simbologia apresentada a seguir, é relativa aos tratamentos empregados. Nas tabelas 1, 2 e 3 os números que seguem a especificação indicam a porcentagem utilizada de produto e a letra T a utilização de tiosulfato:

THS tratamento com hipoclorito de sódio

THC tratamento com hipoclorito de cálcio

TPH tratamento com peróxido de hidrogênio

TPH-b tratamento com peróxido de hidrogênio seguido por banho

Como a pesquisa de campo indicou que a maioria dos restauradores desacidifica o papel antes de submetê-lo ao clareamento, os papéis foram desacidificados previamente com hidróxido de cálcio. Esta desacidificação foi realizada da seguinte forma: 1º banho- imersão em H<sub>2</sub>O deionizada durante (10 ± 1) minuto a (38 ± 1)°C; 2º banho- imersão em

H<sub>2</sub>O deionizada durante (10 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C, 3º banho- imersão em solução aquosa de hidróxido de cálcio pH (8 ± 0,5) durante (10 ± 1) minuto a (23± 2)°C.

**Tabela 1 – Clareamento com hipoclorito de sódio**

THS-5%T	<p>Banho desacidificante com hidróxido de cálcio (vide nota n. 4)          Repouso (mínimo de 72 horas)          Tratamento de clareamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Imersão em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Retirada do excesso de H<sub>2</sub>O com papel filtro</li> <li>• Aplicação de hipoclorito de sódio preparado a 5% em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto</li> <li>• Banho em H<sub>2</sub>O deionizada durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Neutralização com hipossulfito de sódio preparado a 5% em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto</li> <li>• 04 banhos em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Desacidificação por imersão em solução aquosa de hidróxido de cálcio pH (9 ± 0,5) durante (10 ± 1) minuto a (23± 2)°C</li> </ul>
THS-20%T	<p>Banho desacidificante com hidróxido de cálcio (vide nota n. 4)          Repouso (mínimo de 72 horas)          Tratamento de clareamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Imersão em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Retirada do excesso de H<sub>2</sub>O com papel filtro</li> <li>• Aplicação de hipoclorito de sódio preparado a 20% em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto</li> <li>• Banho em H<sub>2</sub>O deionizada durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Neutralização com hipossulfito de sódio preparado a 5% em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto</li> <li>• 04 banhos em H<sub>2</sub>O deionizada durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Desacidificação por imersão em solução aquosa de hidróxido de cálcio pH (9 ± 0,5) durante (10 ± 1) minuto a (23± 2)°C</li> </ul>

**Tabela 2 – Clareamento com hipoclorito de cálcio**

THC-5%	<p>Banho desacidificante com hidróxido de cálcio (vide nota n. 4)          Repouso (mínimo de 72horas)          Tratamento de clareamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clareamento por imersão em hipoclorito de cálcio preparado a 5% em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto, pH (9 ± 0,5) a (23 ± 2)°C</li> <li>• Banho em H<sub>2</sub>O deionizada durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Neutralização com ácido acético preparado a 5% em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto</li> <li>• 04 banhos em H<sub>2</sub>O deionizada durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> </ul> <p>Desacidificação por imersão em solução aquosa de hidróxido de cálcio pH (9 ± 0,5) durante (10 ± 1) minuto a (23± 2)°C</p>
THC-20%	<p>Banho desacidificante com hidróxido de cálcio (vide nota n. 4)          Repouso (mínimo de 72horas)          Tratamento de clareamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clareamento por imersão em hipoclorito de cálcio preparado a 20% em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto, pH (10 ± 0,5) a (23 ± 2)°C</li> <li>• Banho em H<sub>2</sub>O deionizada durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Neutralização com ácido acético preparado a 5% em H<sub>2</sub>O deionizada durante (5 ± 1) minuto</li> <li>• 04 banhos em H<sub>2</sub>O deionizada durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> </ul> <p>Desacidificação por imersão em solução aquosa de hidróxido de cálcio pH (9 ± 0,5) durante (10 ± 1) minuto a (23± 2)°C</p>

**Tabela3 – Clareamento com peróxido de hidrogênio**

TPH	<p>Banho desacidificante com hidróxido de cálcio (vide nota n. 4)          Repouso (mínimo de 72horas)          Tratamento de clareamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clareamento por imersão em peróxido de hidrogênio preparado a 7% em H<sub>2</sub>O deionizada e adicionado hidróxido de amônia até atingir pH (8,5 ± 0,5) durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> </ul>
TPH-b	<p>Banho desacidificante com hidróxido de cálcio (vide nota n. 4)          Repouso (mínimo de 72horas)          Tratamento de clareamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clareamento por imersão em peróxido de hidrogênio preparado a 7% em H<sub>2</sub>O deionizada e adicionado hidróxido de amônia até atingir pH (8,5 ± 0,5) durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Banho em H<sub>2</sub>O deionizada durante(5 ± 1) minuto a (23 ± 2)°C</li> <li>• Desacidificação por imersão em solução aquosa de hidróxido de cálcio pH (9 ± 0,5) durante (10 ± 1) minuto a (23± 2)°C</li> </ul>

Tabela 4- Especificação dos agentes químicos usados no clareamento

Produto	Especificação
Hipoclorito de Sódio PA, NaClO	P.M. 74,44 cloro ativo 12% Densidade: 1,205 g/ml. Solução preparada a 5% pH 12,15. Solução preparada a 20% pH 12,43
Tiosulfato de Sódio PA, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5 H <sub>2</sub> O	P.M. 246,19. Solução preparada a 5% pH 5,35
Hipoclorito de Cálcio, Ca(OCl) <sub>2</sub>	P.M. 142,99. Solução <sup>1</sup> preparada a 6% em H <sub>2</sub> O deionizada. pH da solução: 10,57. Solução <sup>1</sup> diluída a 5% - pH 9,51. Solução <sup>1</sup> diluída a 20% - pH 10,26
Ácido acético glacial P.A, CH <sub>3</sub> COOH	Solução preparada a 5% pH 2,59
Peróxido de hidrogênio, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	35% PA
Hidróxido de amônia, NH <sub>4</sub> OH	PA

### 2.3 Envelhecimento acelerado

Objetivando verificar a ação do envelhecimento em relação aos tratamentos, as amostras foram submetidas a calor e umidade, empregando as condições ditadas na norma ISO 5630/3, ou seja, 65% de umidade relativa do ar e 80°C de temperatura, por um período de 24 dias. Optou-se por este período para que o papel ficasse mais tempo em condições drásticas, permitindo assim verificar seu comportamento em situações extremas.

Escolheu-se para o envelhecimento os parâmetros calor e umidade por serem mais significativos em países tropicais.

### 2.4 Parâmetros de análise

Os substratos tratados foram analisados antes e após o envelhecimento empregando os parâmetros analíticos apresentados na Tabela 4.

Tabela 5 – Parâmetro de análise

PARÂMETRO	NORMA DE PROCEDIMENTO
Espessura	NBR NM ISO 534:2000-Errata/2003
Resistência à tração	NBR NM ISO 3781:2001
Alvura	NBR NM ISO 2470:2001-Errata 2002
Opacidade	NBR NM ISO 2471:2001
Aspereza	NBR NM ISO 8791-2:2001
pH	NBR NM ISO 6588:2001- Errata 2002

Como parâmetro de resistência física foi selecionado o ensaio de resistência à tração, por ser este o usualmente empregado para tais fins e por ser dependente não apenas do estado das fibras, mas também do arranjo fibroso da folha de papel. A tração foi determinada apenas no sentido longitudinal à fabricação do papel.

Nos papéis de trapo, por procederem de um livro de 1778, que seria posteriormente remontado, não foi efetuado o ensaio de resistência à tração por ser este destrutivo.

Os parâmetros alvura, opacidade e aspereza estão relacionados com a aparência do papel e afetam diretamente a qualidade de impressos. A aspereza da superfície do papel, além de afetar sua aparência, pode, no caso do papel se tornar mais áspero após o tratamento, favorecer o depósito de poeira que freqüentemente carregam consigo esporos de fungos.

Foi também avaliado o pH das amostras, pois é conhecido o fato deste parâmetro estar diretamente ligado com a maior ou menor degradação das fibras celulósicas ao longo do tempo.

As amostras não tratadas, as tratadas e as envelhecidas, foram condicionadas e ensaiadas em atmosfera de (23 ± 1)°C de temperatura e de (50 ± 2)% de umidade relativa do ar. Estas são condições normalizadas para ensaios em papéis, norma NBR NM ISO

187, uma vez que os valores das propriedades destes variam em função da umidade e temperatura ambiente.

### 3 RESULTADOS

A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos para os substratos antes (situação A) e após o envelhecimento (situação B).

Tabela 6 – Resultado dos testes

PAPEL DE PASTA QUÍMICA												
Tratamento	Alvura		Opacidade		Espessura		Aspereza		pH		Tração	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Nenhum	60,88 (2,38)	54,20 (0,13)	95,42 (0,01)	97,37 (0,46)	0,1025 (0,0035)	0,0981 (0,0014)	330 (106)	288 (56)	4,49 (0,02)	3,30 (0,00)	2,88 (0,13)	2,47 (0,23)
THS-5%T	77,05 (0,34)	56,90 (2,30)	93,30 (0,70)	96,97 (0,83)	0,1056 (0,0015)	0,1042 (0,0031)	404 (65)	485 (65)	5,32 (0,38)	4,08 (0,09)	3,24 (0,04)	2,59 (0,27)
THS-20%T	77,98 (0,34)	56,25 (3,09)	93,92 (0,71)	96,95 (0,58)	0,1055 (0,0027)	0,1046 (0,0014)	518 (128)	642 (80)	5,41 (0,40)	4,18 (0,07)	3,14 (0,11)	1,92 (0,26)
THC-5%	73,90 (0,09)	56,95 (3,09)	93,22 (1,32)	96,55 (0,41)	0,1088 (0,0016)	0,1083 (0,0014)	516 (157)	602 (214)	3,75 (0,37)	3,79 (0,02)	2,90 (0,01)	1,70 (0,52)
THC-20%	77,32 (0,23)	59,95 (0,63)	93,84 (0,46)	96,02 (0,15)	0,1081 (0,0011)	0,1075 (0,0013)	648 (132)	767 (52)	3,73 (0,49)	3,60 (0,06)	3,50 (0,20)	2,57 (0,09)
TPH	75,46 (0,85)	50,59 (3,04)	93,73 (0,64)	96,70 (1,70)	0,1098 (0,0009)	0,1075 (0,0013)	583 (127)	570 (171)	4,20 (0,47)	3,59 (0,07)	3,45 (0,07)	2,20 (0,35)
TPH-b	73,75 (0,54)	55,68 (2,63)	94,79 (1,46)	96,91 (0,56)	0,1086 (0,0038)	0,1102 (0,0067)	577 (126)	658 (101)	4,08 (0,28)	3,73 (0,09)	3,49 (0,04)	2,79 (0,04)
PAPEL DE PASTA MECÂNICA												
Tratamento	Alvura		Opacidade		Espessura		Aspereza		pH		Tração	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Nenhum	41,19 (1,53)	28,59 (1,39)	98,56 (0,06)	97,83 (0,82)	0,1201 (0,0018)	0,1288 (0,0014)	838 (159)	975 (87)	4,57 (0,09)	3,93 (0,06)	1,68 (0,11)	0,97 (0,21)
THS-5%T	46,54 (0,70)	25,62 (1,07)	95,67 (0,92)	99,06 (0,23)	0,1368 (0,0015)	0,1367 (0,0014)	1233 (144)	1442 (163)	5,63 (0,39)	4,21 (0,02)	1,51 (0,05)	1,19 (0,14)
THS-20%T	53,80 (0,70)	28,55 (0,87)	95,94 (1,15)	99,31 (0,36)	0,1450 (0,0029)	0,1429 (0,0019)	1250 (74)	1325 (75)	5,71 (0,24)	4,26 (0,02)	1,46 (0,04)	1,21 (0,22)
THC-5%	47,64 (0,76)	31,25 (1,45)	96,71 (0,99)	97,59 (1,84)	0,1467 (0,0020)	0,1463 (0,0013)	1169 (134)	1358 (104)	3,86 (0,24)	3,88 (0,12)	1,76 (0,22)	1,24 (0,11)
THC-20%	46,16 (1,20)	27,16 (0,80)	96,04 (1,54)	97,00 (1,68)	0,1396 (0,0050)	0,1354 (0,0008)	1317 (49)	1342 (88)	3,78 (0,44)	3,39 (0,24)	1,88 (0,04)	1,07 (0,03)
TPH	50,62 (1,27)	23,93 (2,36)	94,23 (0,87)	97,09 (1,37)	0,1331 (0,0066)	0,1267 (0,0062)	1292 (122)	1333 (101)	4,03 (0,43)	3,19 (0,05)	1,47 (0,12)	0,65 (0,08)
TPH-b	47,40 (0,64)	33,11 (0,34)	94,93 (0,90)	96,71 (1,84)	0,1350 (0,0063)	0,1338 (0,0013)	1171 (102)	1217 (29)	4,50 (0,47)	3,38 (0,08)	1,61 (0,37)	1,21 (0,20)
PAPEL DE TRAPO												
Tratamento	Alvura		Opacidade		Espessura		Aspereza		pH		Tração	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Nenhum	41,53 (1,03)	31,31 (0,63)	96,30 (2,11)	95,82 (2,53)	0,1313 (0,0071)	0,1450 (0,0070)	1813 (53)	1725 (106)	4,92 (0,21)	4,33 (0,06)	-	-
THS-5%T	63,74 (2,34)	51,24 (0,65)	91,96 (0,67)	96,27 (1,34)	0,1369 (0,0027)	0,1400 (0,0035)	2013 (88)	2075 (460)	5,34 (0,19)	4,20 (0,00)	-	-
THS-20%T	68,85 (0,57)	50,02 (0,66)	89,48 (3,28)	93,30 (3,92)	0,1263 (0,0088)	0,1213 (0,0018)	1913 (18)	1850 (354)	5,22 (0,30)	4,40 (0,00)	-	-
THC-5%	61,36 (0,78)	47,43 (0,19)	92,22 (1,04)	97,09 (0,34)	0,1382 (0,0026)	0,1375 (0,0000)	1975 (177)	1725 (318)	4,60 (0,18)	4,17 (0,06)	-	-
THC-20%	67,65 (0,28)	46,98 (1,73)	90,87 (1,74)	96,49 (1,19)	0,1358 (0,0012)	0,1375 (0,0000)	1975 (106)	2000 (283)	4,09 (0,30)	4,07 (0,06)	-	-
TPH	52,14 (3,14)	21,05 (0,23)	93,02 (0,59)	91,86 (2,52)	0,1294 (0,0079)	0,1238 (0,0018)	2200 (460)	1675 (35)	3,70 (0,61)	3,90 (0,00)	-	-
TPH-b	58,10 (1,39)	41,88 (1,56)	91,84 (0,05)	96,68 (0,83)	0,1288 (0,0035)	0,1275 (0,0000)	1613 (53)	1700 (0)	4,17 (0,94)	4,20 (0,00)	-	-

Notas: 1) A- Antes de envelhecer B- após envelhecimento  
2) Os números entre parênteses referem-se ao desvio padrão

Como pode ser observado os tratamentos de clareamento não tiveram o mesmo comportamento nos três tipos de papéis em que foram testados.

Com o envelhecimento os tratamentos de clareamento, de forma geral, não se mostraram eficazes no parâmetro alvura para papéis manufaturados com pasta mecânica. Isto provavelmente ocorreu porque este tipo de papel possui, além da celulose e

hemicelulose, um alto teor de lignina que tem ligações que dão origem a grupos cromóforos (coloridos). No envelhecimento, a temperatura alta pode ter propiciado a reestruturação de grupos cromóforos e/ou a formação de novos grupos, propiciando uma queda acentuada de alvura.

A pesquisa de campo indicou que os restauradores quando utilizam produtos clareantes o fazem por porcentagens. HEY (1977) em seu artigo comenta que não existe porcentagem adequada, pois para cada solução existe um índice de pH que é seguro para a celulose e este ponto é diferente para cada clareador. Além disto, com o tempo, o pH dos produtos caem e conseqüentemente o pH das soluções também, diluições iguais obterão resultados diferentes. O declínio do pH da solução pode ocorrer pela própria ação do clareante como pela forma com que o clareamento é conduzido, pois enquanto o produto clareador reage com as manchas do papel, as propriedades químicas da solução podem se alterar baixando os índices de pH.

Segundo GUERRA (1992), para se realizar um clareamento, dentro de limites considerados “seguros”, o pH das soluções de hipoclorito, por exemplo, não devem cair, durante o processo, abaixo de 9,5, pois abaixo deste índice os grupos de carbonilas começam a ser produzidos levando ao rompimento da cadeia de celulose além de torná-la mais vulnerável à hidrólise ácida. Levando-se em conta que quando imergimos um papel ácido em uma solução de hipoclorito a interação entre a mancha e o clareante produz ácidos orgânicos e ácidos clorídricos, fazendo com que o pH da solução caia rapidamente, deve-se trabalhar com uma solução cujo pH inicial seja mais alto que este índice.

É interessante observar que a solução de 5% de hipoclorito de sódio (**THS-5%T**) apresentou pH 12,15 e a de 20% (**THS-20%T**) pH 12,43. Embora a porcentagem de produto tenha se quadruplicado o aumento de pH da solução não foi significativo. A elevada quantidade de produto se mostrou prejudicial aos papéis, inclusive solubilizando algumas tintas presentes no papel. O tratamento **THS-20%T**, com o envelhecimento, se mostrou ineficiente para os três tipos de papéis testados, provavelmente isto ocorreu pelo fato do hipoclorito de sódio inchar inicialmente a celulose fazendo com que as fibras ficassem mais expostas ao produto.

O hipoclorito de cálcio, de acordo com HEY (1977) não é um produto tão alcalino quanto o hipoclorito de sódio e, diferente deste, não provoca o inchamento das fibras, produzindo um clareamento mais suave e lento. Os resíduos deixados no papel pelo hipoclorito de cálcio se convertem em ácido clorídrico por isso o papel deve receber uma série de banhos após o clareamento ou utilizar uma solução ácida como anti-cloro, no caso o ácido acético.

Diferente do que se esperava o tratamento com hipoclorito de cálcio não se mostrou muito eficaz. O banho clareante com o produto a 5% (**THC-5%**) iniciou com pH 9,51 e terminou com pH 9,28, ficando dentro da faixa considerada de “risco” por HEY e o banho com hipoclorito de cálcio a 20% (**THC-20%**) iniciou com pH 10,26 e terminou com pH 10,17, permanecendo dentro da faixa considerada “segura”. O problema provavelmente não está na forma de aplicação do hipoclorito de cálcio, mas no fato dos banhos subseqüentes não terem sido suficiente para remover o anti-cloro aplicado.

O peróxido de hidrogênio se mostrou eficaz apenas para os papéis de pasta química quando estes foram submetidos a banhos posteriores ao tratamento (**TPH-b**). Tanto HEY como GUERRA comentam que o peróxido de hidrogênio se decompõe em oxigênio e água não sendo necessário lavá-lo posteriormente, este fato também foi mencionado na pesquisa de campo pelos restauradores que utilizam o produto. O estudo demonstrou que, com o envelhecimento, as amostras submetidas ao tratamento com

peróxido de hidrogênio sem banho (TPH) tiveram o pior resultado estético e físico do estudo.

## **5 CONCLUSÃO**

Os tratamentos clareantes, por serem utilizados com certa frequência, devem ser mais estudados. Pelas respostas obtidas na pesquisa de campo realizada pode-se dizer que os tratamentos, em sua maioria, são determinados desconsiderando a natureza do papel a ser tratado para fixar variáveis como tempo, temperatura, pH dos banhos, quantidade de banhos, adição ou não de produtos para “acelerar” o processo, concentração de produtos, dentre outras. Além disso, os tratamentos são efetuados com pouco embasamento científico e com muita variação em sua forma de aplicação. Esta pluralidade de aplicação demonstra uma criatividade positiva, mas, ao mesmo tempo, por tratar-se de intervenção em material não experimental, aponta para uma necessidade premente de estudos que permitam um melhor conhecimento dos sistemas de tratamento, assim como de certas normatizações. É importante mencionar que os papéis que passaram por tratamento desacidificante com hidróxido de cálcio não tiveram alteração em seu valor de pH não sendo, portanto, possível avaliar se os resultados obtidos neste estudo seriam os mesmos se os clareamentos tivessem sido efetuados em papel com pH igual ou superior a 7,0.

## **6 ESCLARECIMENTO**

Este estudo é um recorte da pesquisa “A Eficácia dos tratamentos aquosos para a Desacidificação e o Clareamento da Celulose”, 2002-2004, da pesquisadora Isis Baldini Elias realizada sob a coordenação da prof. Dra. Maria Helena Pires Martins, tendo como colaboradora Adriana Meira. Os testes foram realizados no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, sob a coordenação de Maria Luiza Otero D’Almeida.

## **7 BIBLIOGRAFIA**

- COPEDE, Maurizio. *La carta e il suo degrado*. Florença: Nardini Editore, 1995.
- DANIELS, Vincent. *The elimination of bleaching agents from paper*. The Paper conservator, v.1, 1997.
- GUERRA, Areal. *Química de la Patología del Papel*. São Paulo: Senai, 1992.
- HEY, Margaret. *Paper bleaching: Its simple chemistry and working procedures*. The Paper Conservator, v.2, 1977.
- IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. *Tecnologia de fabricação do papel*. Vol. 1 e 2. São Paulo: Senai, 1988.
- LUCIANI, M. *Effetti dei trattamenti di sbianca da laboratorio su carte invecchiate*. Quaderni del Gabinetto Nazionale delle Stampe, 1972