



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Dissertação de Mestrado

**ESTUDO DE APLICAÇÕES E TESTES DE DURABILIDADE DE
MICROCÁPSULAS EM TECIDOS**

Wagner Soares Rossi

Porto Alegre
2012



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Wagner Soares Rossi

**ESTUDO DE APLICAÇÕES E TESTES DE DURABILIDADE DE
MICROCÁPSULAS EM TECIDOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Liane Roldo

Porto Alegre
2012

CIP - Catalogação na Publicação

Soares Rossi, Wagner

Estudo de aplicações e testes de durabilidade de microcápsulas em tecidos / Wagner Soares Rossi. -- 2012.

113 f.

Orientadora: Liane Roldo.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

1. Design. 2. Microcápsulas. 3. Aplicações. 4. Durabilidade. I. Roldo, Liane, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Wagner Soares Rossi

ESTUDO DE APLICAÇÕES E TESTES DE DURABILIDADE DE MICROCÁPSULAS EM TECIDOS

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 19 de dezembro de 2012.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Liane Roldo
Orientadora
Departamento de Engenharia de Materiais – DEMAT/UFRGS
Programa de Pós-Graduação em Design – PGDesign/UFRGS

Prof^a. Dr^a. Tatiana Louise Avila de Campos Rocha
Departamento de Engenharia de Materiais – UNISINOS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UNISINOS

Prof^a. Dr^a. Annelise Kopp Alves
Departamento de Engenharia de Materiais – DEMAT/UFRGS
Programa de Pós-Graduação em Design – PGDesign/UFRGS

Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido
Departamento de Design e Expressão Gráfica – DEG/UFRGS
Programa de Pós-Graduação em Design – PGDesign/UFRGS

“Não faz muito sentido escrever se
não for para incomodar alguém”.
Kingsley Amis

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Liane Roldo por ter aceitado me apoiar nesta pesquisa e me motivado a seguir pesquisando.

A Clarissa Felkl Prevedello, pela companhia e apoio em todos os momentos.

A minha família pelo apoio e incentivo em seguir estudando, minha mãe Sandra, minha tia Sônia, meu irmão Rafael.

Aos amigos Onélio, Mara, Carlise Prevedello e Daniel Matiuzzi, pela força.

Ao Programa de Pós-graduação em Design da UFRGS, servidores e colegas que de alguma maneira contribuíram para esta pesquisa.

Ao Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS, por ter me proporcionado um ambiente de qualidade para o desenvolvimento desta pesquisa, em especial aos professores: Wilson Kindlein Júnior, Lauren da Cunha Duarte, Fábio Pinto da Silva, Luis Henrique Alves Cândido, pelos conhecimentos e troca de experiências, a técnica Lara Helena Sobreira Gomes, pelo apoio técnico, aos bolsistas Andrei Souza Valins, Laís Velho de Mesquita, Martin Oscar Witzke Rheinheimer, Sheila Barroso Arruda e Sidnei Pedrotti Júnior, pela ajuda efetiva no desenvolvimento da pesquisa e os colegas e amigos, Anna Paula da Silva Stolf, Cristine Bassols Raseira, Elisa Marangon Beretta, Leciane Cristina Marcuzzo, Leonardo Cardoso Rosa, Mariana Kuhl Cidade, Mariana Pohlmann de Oliveira, Rodolfo Rolim Dalla Costa e Tatiana Louise Avila de Campos Rocha, pela amizade e apoio em todos os momentos.

RESUMO

A pesquisa na área de microencapsulação tem enorme potencial para proporcionar aos produtos características únicas que resultam em produtos de qualidade superior, nesse ponto de vista, incorporar a aplicação de microcápsulas em tecido se torna uma alternativa a ser utilizada pelo designer, desenvolvendo assim produtos inovadores que agregam características únicas e qualidade superior aos produtos. Portanto, este trabalho desenvolve um estudo de métodos de aplicação de microcápsulas: cerâmicas e poliméricas, com material ativo, aromático e luminescente em suportes têxteis, utilizando-se das técnicas de serigrafia e impregnação, que confirmam durabilidade aliada a um bom acabamento para o emprego no design de produtos, pois estes são alguns dos desafios encontrados quando se trata de aplicar microcápsulas. Foi utilizada a técnica da documentação indireta usando a fundamentação teórica como ferramenta. Os procedimentos experimentais consistiram em aplicação de microcápsulas em suportes têxteis com diferentes métodos. Foram utilizados dois tipos de microcápsulas, de casca cerâmica e polimérica, produzidas no Laboratório de Design e Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e microcápsulas industriais, para avaliar aspectos como eficiência da aplicação, acabamento e durabilidade. Os métodos de aplicação selecionados foram serigrafia e impregnação, o teste de durabilidade foi feito baseado na norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 105-C06:2010, que se propõe a testar a resistência da cor em suportes têxteis. Como resultado geral das aplicações e testes de durabilidade, pode-se concluir que os resultados mais satisfatórios, que combinam método de aplicação, microcápsulas, suporte e substâncias combinadas (vernizes e resinas) e ainda se mostraram resistentes a 30 lavagens foram: serigrafia, microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, combinadas com verniz serigráfico à base d'água, em tecido algodão; serigrafia, microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, combinadas com verniz solvente, tanto em tecido algodão como em poliéster; serigrafia, microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas combinadas com verniz à base d'água impressas em tecido algodão e poliéster; serigrafia, verniz industrial fosfocrômico, essa combinação tanto em poliéster quanto em algodão, apresentou boa resposta à luz UV; impregnação em meio aquoso durante 4 h, microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, com adição de resina em algodão; impregnação em meio aquoso durante 1 h, microcápsulas de casca polimérica de erva-doce, com a adição de resina acrílica em algodão e poliéster.

Palavras-chave: design, microcápsulas, aplicações, durabilidade.

ABSTRACT

The research in the field of microencapsulation has enormous potential to provide unique characteristics to products, resulting in superior products, in that point view, incorporate the application of microcapsules in fabric becomes an alternative to be used by the designer, developing this way innovative products that add unique features and superior quality to products. Therefore, this study develop a study of methods of application of microcapsules: ceramic and polymeric with active material, aromatic and luminescent in textile supports, using the techniques of silkscreen and impregnation, conferring durability combined to with a good finish for employment in the design of products, because these are some of the challenges encountered when it comes to applying microcapsules. We used the technique of indirect documentation using the theoretical framework as a tool. The experimental procedure consisted in applying to microcapsules in textile supports with different methods. We used two types of microcapsules, ceramic and polymeric shell, produced at the Laboratório de Design e Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, and industrial microcapsules, to assess aspects such as application efficiency, workmanship and durability. The application methods that were selected was silkscreen and impregnation, the durability test was done based on the standard of the Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 105-C06: 2010, which proposes to test the strength of color in textile products. As a general result of the applications and durability tests, it can be concluded that more satisfactory results, that combine method of application, microcapsules, supports and substances combined (varnishes and resins) and also was resistant to 30 washings were: silkscreen, ceramic shell microcapsules of the red fruit, combined with varnish water-based in cotton fabric; silkscreen, ceramic shell microcapsules of the red fruit, combined with varnish solvent, on cotton fabric and polyester; silkscreen, polymeric shell microcapsules of the red fruit, combined with varnish water-based printed on cotton and polyester fabric; silkscreen printing, varnish industrial fosfocrômico, this combination both polyester and cotton, had a good response to UV light; impregnation for 4 hours, ceramic shell microcapsules, with the addition of resin on cotton; and impregnation for 1 hour, polymeric shell microcapsule, with the addition of acrylic resin at polyester and cotton.

Keywords: design, microcapsules, applications, durability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Classificação das Funções de um produto segundo Löback (2001)	22
Figura 2. Classificação das Funções de um produto segundo Bürdek (2006)	22
Figura 3. Prendedores de roupa que contemplam diferentes funções.	25
Figura 4. Estrutura esquemática da microcápsula composta de invólucro (parte externa) e do núcleo (parte interna)..	26
Figura 5. Equipamentos utilizados na impressão serigráfica: tela matriz de 55 fios, rodo e tinta.	31
Figura 6. Classificação das fibras naturais.	34
Figura 7. Classificação das fibras químicas.	34
Figura 8. Principais tipos de trama de tecido, baseados em Treptow (2003) e Jones (2005).....	36
Figura 9. Foto do tecido algodão e imagem da trama tecido plano do algodão obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV), parâmetro de operação X50	37
Figura 10. Foto do tecido poliéster e imagem da trama tecido plano do poliéster obtida por MEV, parâmetro de operação X50	38
Figura 11. Resultados dos testes de durabilidade desenvolvidos por Cruz. et. al. (2011), imagens obtidas por MEV, parâmetro de operação X1000.	40
Figura 12. Resultados dos testes de durabilidade desenvolvidos por Monllor, Bonnet e Cases (2007), imagens obtidas por MEV, parâmetro de operação X500.....	41
Figura 13. Desenho esquemático dos componentes básicos do MEV	42
Figura 14. Esquema metodológico.....	45
Figura 15. Desenho das formas para posterior recorte a laser.....	47
Figura 16. Área de referência delimitada para análise nas amostras – serigrafia algodão e poliéster.....	51
Figura 17. Área de referência delimitada para análise nas amostras – impregnação algodão e poliéster.....	51

Figura 18. Microcápsulas aromáticas de casca cerâmica de frutas vermelhas e microcápsulas aromáticas de casca cerâmica de algas marinhas. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300	52
Figura 19. Microcápsulas aromáticas de casca polimérica de frutas vermelhas e microcápsulas aromáticas de casca polimérica de erva-doce. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300	53
Figura 20. Microcápsulas luminescentes de casca cerâmica. Imagem de MEV, parâmetro de operação X300	53
Figura 21. Verniz industrial com microcápsulas aromáticas de baunilha e verniz industrial fosfocrômico. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300	54
Figura 22. Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas e verniz base solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300	54
Figura 23. Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas e verniz base solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300	55
Figura 24. Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas luminescentes e verniz base solvente com microcápsulas cerâmicas luminescentes. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300	55
Figura 25. Consistência da mistura de verniz com microcápsulas cerâmicas aromáticas logo após a mistura e após sete dias de armazenamento	56
Figura 26. FT-IR do verniz base d'água com microcápsulas poliméricas aromáticas	57
Figura 27. FT-IR do verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas aromáticas.....	58
Figura 28. FT-IR do verniz solvente com microcápsulas poliméricas aromáticas	58
Figura 29. FT-IR do verniz solvente com microcápsulas cerâmicas aromáticas	59
Figura 30. Papel jornal cortado a laser nas formas selecionadas	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Resultados das aplicações em serigrafia das microcápsulas aromáticas em tecido algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000 e aspecto visual..	61
Quadro 2. Resultados das aplicações em serigrafia das microcápsulas aromáticas em tecido poliéster. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000 e aspecto visual.	63
Quadro 3. Resultados das aplicações em serigrafia das microcápsulas luminescentes em tecido algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000 e aspecto visual.	65
Quadro 4. Resultados das aplicações em serigrafia das microcápsulas luminescentes em tecido poliéster. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000 e aspecto visual.	66
Quadro 5. Resultados das aplicações por impregnação com resina das microcápsulas aromáticas em algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000.....	69
Quadro 6. Resultados das aplicações por impregnação com água das microcápsulas aromáticas em poliéster. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000....	71
Quadro 7. Resultados das aplicações por impregnação com água das microcápsulas aromáticas em algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000..	73
Quadro 8. Resultados das aplicações por impregnação com água das microcápsulas aromáticas em algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000.....	74
Quadro 9. Ciclos de lavagem – serigrafia – algodão – verniz base d’água – microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas.....	77
Quadro 10. Ciclos de lavagem – serigrafia – poliéster – verniz base d’água – microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas.....	78
Quadro 11. Ciclos de lavagem – serigrafia – algodão – verniz base solvente – microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas.....	80
Quadro 12. Ciclos de lavagem – serigrafia – poliéster – verniz base	

solvente – microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	81
Quadro 13. Ciclos de lavagem – serigrafia – algodão – verniz base d’água – microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas.....	83
Quadro 14. Ciclos de lavagem – serigrafia – poliéster – verniz base d’água – microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas.....	84
Quadro 15. Ciclos de lavagem – serigrafia – algodão – verniz industrial fosfocrômico	86
Quadro 16. Ciclos de lavagem – serigrafia – poliéster – verniz industrial fosfocrômico.....	87
Quadro 17. Ciclos de lavagem – impregnação com resina – 4 h – algodão – microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas....	89
Quadro 18. Ciclos de lavagem – impregnação com resina – 4 h – poliéster – microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas.....	90
Quadro 19. Ciclos de lavagem – impregnação com resina – 1 h – algodão – microcápsulas poliméricas de erva-doce.....	92
Quadro 20. Ciclos de lavagem – impregnação com resina – 1 h – poliéster – microcápsulas poliméricas de erva-doce.....	93
Quadro 21. Ciclos de lavagem – impregnação sem resina – 24 h – algodão – microcápsulas cerâmicas de algas marinhas....	95
Quadro 22. Ciclos de lavagem – impregnação sem resina – 24 h – poliéster – microcápsulas cerâmicas de algas marinhas.....	96
Quadro 23. Ciclos de lavagem – impregnação sem resina – 24 h – algodão – microcápsulas poliméricas de erva-doce	98
Quadro 24. Ciclos de lavagem – impregnação sem resina – 24 h – poliéster – microcápsulas poliméricas de erva-doce.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Aplicações por serigrafia das microcápsulas de acordo com os suportes	46
Tabela 2. Aplicações por impregnação com água + resina e com água das microcápsulas de acordo com os suportes	47
Tabela 3. Tempos de impregnação com água + resina, tipos de suportes e microcápsulas ...	49
Tabela 4. Tempos de impregnação com água, tipos de suportes e microcápsulas.....	50
Tabela 5. Aplicações com microcápsulas em suportes têxteis consideradas satisfatórias - serigrafia	76
Tabela 6. Aplicações com microcápsulas em suportes têxteis consideradas satisfatórias - impregnação	76
Tabela 7. Resultados das aplicações e testes de durabilidade	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

°C – graus célsius

CITEVE – Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal

ELS – *Extra-Long Staple*

FT-IR – Espectroscopia do Infravermelho por Transformada de Fourier (do inglês *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

g – grama

h – hora

Hz – hertz

ISO – International Organization for Standardization

L – litro

LdSM – Laboratório de Design e Seleção de Materiais

MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura

min – minuto

mL – mililitro

NBR – Norma Brasileira

PCM – Materiais de Mudança de Fase (do inglês *Phase Change Material*)

rpm – rotações por minuto

TGA – Análise Termogravimétrica

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UV – ultravioleta

V – volts

W – watts

µm – micrometro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO	19
1.2 OBJETIVOS.....	19
1.2.1 Objetivo geral.....	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	21
2.1.1 Funções dos produtos.....	21
2.2 MICROCÁPSULAS	25
2.2.1 Tipos de microcápsulas	27
2.3 MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE MICROCÁPSULAS	30
2.3.1 Serigrafia	30
2.3.2 Impregnação	31
2.4 SUPORTES.....	33
2.4.1 Tecidos	33
2.5 TESTES DE DURABILIDADE	39
2.6 METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO.....	41
3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	45
3.1 MATERIAIS.....	46
3.1.1 Suportes	46
3.1.2 Microcápsulas e vernizes	46
3.2 TÉCNICAS DE APLICAÇÃO	46
3.2.1 Serigrafia	47
3.2.2 Impregnação	48
3.3 TESTE DE DURABILIDADE	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
4.1 MATERIAIS.....	52
4.1.1 Suportes	52
4.1.2 Microcápsulas e vernizes	52
4.2 APLICAÇÕES DE MICROCÁPSULAS EM DIFERENTES SUPORTES	60
4.2.1 Serigrafia	60
4.2.2 Impregnação	68

4.3 TESTES DE DURABILIDADE	76
4.3.1 Serigrafia.....	76
4.3.2 Impregnação	88
5 CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES.....	105
REFERÊNCIAS.....	108

1 INTRODUÇÃO

Projetar um produto envolve um processo de desenvolvimento, determinado, segundo Bürdek (2006), por condições e decisões, e não apenas por configuração. Dentre as decisões a serem tomadas estão as que se referem ao desenvolvimento tecnológico. Dentro dessa concepção, o designer procura aplicar as tecnologias, desenvolvendo produtos inovadores e agregando características únicas aos produtos. Na indústria têxtil, estão sendo desenvolvidos produtos com o chamado 'acabamento *activo*', produtos como lingerie perfumada, avental que absorve odores desagradáveis, pijama que brilha no escuro, camiseta com acabamento antimicrobiano e outra com proteção ultravioleta são exemplos de desenvolvimentos na área de '*acabamento activo*' (CITEVE, 2012). Merecem também destaque estudos sobre a liberação controlada de fragrâncias, encarada como um desafio para as indústrias que utilizam perfumes em seus produtos, devido ao fato da grande atração exercida por este tipo de produto com uma fragrância de longa duração nos consumidores (PEÑA et. al., 2012). Nesse caso, a utilização de microcápsulas tem se apresentado como alternativa para atingir resultados satisfatórios no que diz respeito ao encapsulamento de fragrâncias e substâncias ativas.

Aplicações industriais de microencapsulação foram introduzidas pela primeira vez no final da década de 1950 na produção de papéis carbono (MADENE et. al., 2006 e BOH; SUMIGA, 2008). O papel carbono é considerado atualmente um dos produtos mais importantes já produzidos utilizando a tecnologia da microencapsulação e comercializado até hoje (DUBEY; SHAMI; RAO, 2009). Desde então os processos de microencapsulação tem sido constantemente melhorados, modificados e adaptados para uma variedade de propósitos e usos. Como consequência, segundo Boh e Sumiga (2008) observou-se um grande aumento dos pedidos de patente, mais especificamente a partir de 1970, refletindo também na pesquisa industrial e desenvolvimento, decorrentes da investigação de base, o que refletiu diretamente também no aumento do número de novos artigos científicos.

A indústria farmacêutica tem utilizado por muito tempo microencapsulação para a preparação de cápsulas contendo ingredientes ativos, mas com o tempo, novas tecnologias surgiram. Durante os últimos 10 anos a utilização de microcápsulas tem sido amplamente

explorada pelas indústrias agrícolas, alimentares, cosméticos, têxteis, farmacêutica, química, e impressão industrial (GHOSH, 2006 e MADENE et. al., 2006).

Um campo ainda pouco explorado dentro deste segmento é o que procura utilizar as microcápsulas para além de agregar a função prática, relacionadas as características intrínsecas dos materiais que compõem as microcápsulas, como por exemplo, a utilização na indústria farmacêutica, é conferir características estéticas aos produtos, aliando assim, informações perceptivas, explorando os sentidos (tato, visão, paladar e olfato) do usuário. Segundo Norman (2008, p.11), o momento é de mudar o foco do desenvolvimento de produtos, os projetos agora devem ter o “foco na emoção e com a intenção de proporcionar experiências agradáveis ao usuário”.

Produtos são projetados e lançados no mercado diariamente; para que sejam valorizados e percebidos pelos consumidores devem ir além da função prática, ou seja, que satisfaçam apenas as necessidades fisiológicas do usuário, eles devem também ser agradáveis e contemplar o equilíbrio das formas e harmonia das linhas, a estética. Estes dizem respeito aos aspectos psicológicos e também funções simbólicas, que são determinadas por todos os aspectos espirituais, psíquicos e sociais do uso (LÖBACH, 2001). Devido a isso, é importante projetar-se produtos que possuem não somente a função prática, mas também a função estética, função que influencia diretamente na diferenciação dos produtos, pois lhe confere características únicas e produtos de qualidade superior. A pesquisa na área de microencapsulação tem enorme potencial para dar aos materiais características vantajosas, resultando em produtos de qualidade superior (DUBEY, SHAMI e RAO, 2009).

Consumidores de todo o mundo estão cada vez mais exigentes e dispostos a pagar mais por produtos de maior valor agregado, que proporcionem maior individualidade e status, bem como conforto e estética (HOLME, 2007 e RODRIGUES et. al., 2009).

Uma das maneiras de agregar a função estética e simbólica aos produtos é por meio da aplicação de microcápsulas, onde é possível microencapsular uma ampla gama de substâncias que conferem propriedades diferentes relacionadas à natureza do produto (GHOSH, 2006; MONLLOR; BONET; CASES, 2007 e RODRIGUES et. al., 2009), podendo assim

combinar materiais de núcleo e cápsula, casca cerâmica, polimérica e gelatina, conferindo também características visuais, táteis e olfativas.

Ao longo do tempo as microcápsulas foram amplamente utilizadas com o foco na função prática, segundo Löbach (2001, p. 58), diz respeito aos aspectos fisiológicos do uso, “preenchendo as condições fundamentais para a sobrevivência do homem e mantém a sua saúde física”. Podemos destacar aqui o seu amplo uso na indústria farmacêutica. Mas a utilização para destacar características estéticas, ou seja, do ponto de vista visual, tátil e olfativo no design de produtos ainda é pouco explorada.

Cheng et al. (2008) apontam que ainda faltam métodos práticos para provar a eficácia das microcápsulas, tanto no que diz respeito a métodos de aplicação, durabilidade e acabamento. Segundo Cheng et al. (2008), até agora, muitos trabalhos de pesquisa têm se centrado sobre o material, métodos de identificação e liberação dos produtos, mas questões como propriedades de desempenho são muitas vezes negligenciados, ou seja, ainda há uma falta de métodos para avaliar a aplicação, durabilidade e acabamento. Isso resulta em projetos que tem muitas vezes uma boa impregnação, mas que deixam a desejar em estabilidade, conforme trata Peña et. al. (2012), algumas microcápsulas produzidas industrialmente “mostram capacidade de encapsulação baixa e falta de estabilidade mecânica” (p. 402).

O Laboratório de Design e Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LdSM/UFRGS), desenvolve desde 2007, projetos que têm como objetivo a obtenção, caracterização e utilização de microcápsulas associada à seleção de materiais visando o design de produtos, este trabalho pretende contribuir com resultados relevantes aos projetos, fazendo o uso das microcápsulas produzidas no LdSM/UFRGS, buscando desenvolver um estudo de métodos de aplicação que confirmam durabilidade aliada a um bom acabamento, pois estes são alguns dos desafios encontrados quando se trata de aplicar microcápsulas. Segundo Nelson (2002), a busca da maioria das aplicações usando microcápsulas é por um método de fácil aplicação, que ao mesmo tempo não afete as propriedades do produto e que tenha boa durabilidade.

Buscando conferir o diferencial prático e estético que a aplicação de microcápsulas em diferentes suportes pode trazer ao produto é que este trabalho se propõe a estudar

métodos de aplicação que confirmem durabilidade aliada a um bom acabamento, a fim de testar esses aspectos nas microcápsulas produzidas no LdSM/UFRGS.

O presente estudo está focado na aplicação, com o intuito de oferecer a possibilidade de desenvolvimento de produtos que utilizem também o potencial estético e funcional desta tecnologia, vindo assim a contribuir para o design de produtos.

1.1 PROPOSTA DE INVESTIGAÇÃO

Quais métodos de aplicação de microcápsulas obtêm resultados satisfatórios em relação à durabilidade e acabamento para a utilização no design de produtos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar e desenvolver métodos de aplicação de microcápsulas em diferentes suportes têxteis, buscando além da facilidade de aplicação, analisar fatores como durabilidade e acabamento, para o emprego no design de produtos.

1.2.2 Objetivos específicos

Compreender os aspectos que envolvem o desenvolvimento de produtos com a aplicação de microcápsulas.

Compreender os conceitos que envolvem microcápsulas e seus métodos de aplicações em diferentes suportes têxteis.

Testar métodos de aplicação com as microcápsulas obtidas em laboratório via polimerização interfacial e sol-gel em diferentes suportes têxteis e com microcápsulas industriais.

Avaliar aspectos de durabilidade e acabamento das microcápsulas obtidas em laboratório e com as microcápsulas industriais e relacionar com os métodos de aplicação empregados.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos: introdução; fundamentação teórica; procedimento experimental; resultados e discussões; conclusões e proposições.

O primeiro capítulo, ou seja, a introdução apresenta como foi desenvolvida a pesquisa, a proposta de investigação e os objetivos.

No segundo capítulo é apresentada a fundamentação teórica, baseada nas referências de literatura e dividida nas seguintes partes: desenvolvimento de produtos, microcápsulas, métodos de aplicação de microcápsulas, suportes, testes de durabilidade e metodologia de caracterização.

No terceiro capítulo apresenta-se o procedimento experimental, desenvolvido com base na sistematização dos estudos sobre os temas abordados na fundamentação teórica, está dividido em materiais, técnicas de aplicação e testes de durabilidade.

O quarto capítulo relata os resultados e discussões sobre o procedimento experimental realizado. A última parte do trabalho é constituída pelas conclusões e proposições para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

Projetar produtos não diz respeito somente à concepção, pois o design se encarrega principalmente das relações homem-objeto (produto), ou seja, as ligações entre o usuário e o objeto (produto). Segundo Löbach (2001), as funções dos produtos é que estabelecem a relação dos usuários com os objetos (produtos).

Para o desenvolvimento de produtos inovadores, segundo Baxter (2000) diversos tipos de interesses devem ser satisfeitos, isso ressalta a importância de levar em consideração não somente a função prática do produto, mas dar também a devida importância às funções estética e simbólica, chamadas por Bürdek (2006) de funções perceptivas, por intermediarem os sentimentos. “De significado especial são as funções perceptivas, por meio das quais se intermediam os sentimentos das pessoas” (BÜRDEK, 2006, p. 293).

Como estratégia para desenvolver produtos inovadores, Bonsiepe (2011) apresenta uma lista de doze fatores essenciais ou vetores (*driving forces*) para a inovação em design, entre eles estão: inovação baseada em tecnologia (*technology-driven*) e inovação baseada no valor simbólico ou status (*symbol or status driven*). Dessa maneira, desenvolver produtos que se utilizem da tecnologia das microcápsulas conjuntamente com o valor simbólico atribuído pelas sensações táteis, visuais e olfativas configura-se como uma estratégia em busca de inovação.

De acordo com Gomes Filho (2006) todas as funções se inter-relacionam no planejamento, na concepção e no desenvolvimento do design do produto, mas existe também a possibilidade de predominância de uma função sobre as outras duas e isso norteia todo o processo de desenvolvimento do produto. Para isso é importante compreender o que cada uma dessas funções representa.

2.1.1 Funções dos produtos

É importante no desenvolvimento de produtos levar em consideração as necessidades do usuário na determinação das funções. Segundo Löbach (2001, p. 54), “os aspectos essenciais das relações dos usuários com os produtos industriais são as funções dos

produtos, as quais se tornam perceptíveis no processo de uso e possibilitam a satisfação de certas necessidades”.

Norman (2008) em seus estudos sugere que os produtos sejam projetados levando em consideração além da forma física e funções mecânicas, a função simbólica, resultando em três diferentes níveis de estruturas do cérebro: a comportamental, a visceral e a reflexiva. “Cada nível desempenha um papel diferente no funcionamento integral das pessoas”, e exige um estilo diferente de design (NORMAN, 2008, p. 41).

O conceito de função nos produtos como a relação estabelecida entre o usuário e o produto é unânime entre Löbach (2001) e Bürdek (2006), mas os dois autores apresentam classificações diferentes, conforme Figura 1 e 2.

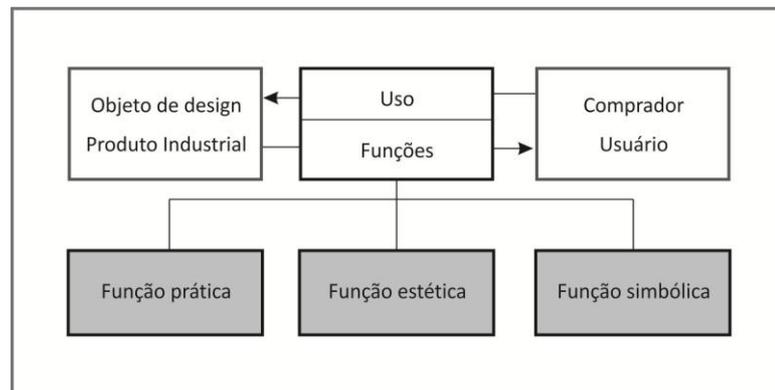


Figura 1: Classificação das Funções de um produto segundo Löbach (2001)
Fonte: Löbach (2001)

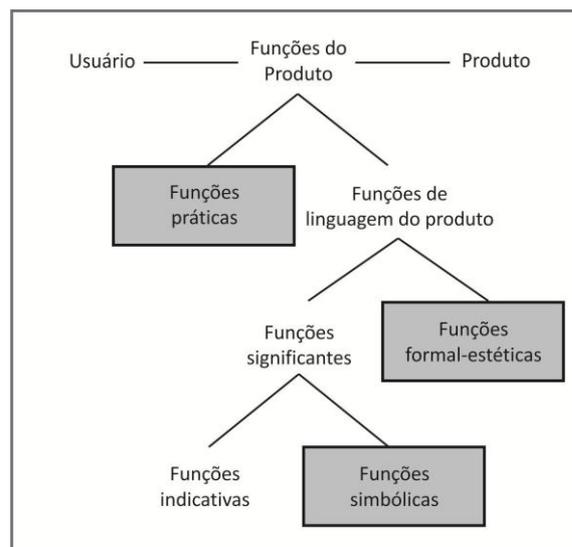


Figura 2: Classificação das Funções de um produto segundo Bürdek (2006)
Fonte: Bürdek (2006)

Para Löbach (2001), as funções classificam-se em: prática, estética e simbólica, Bürdek (2006), utiliza-se de duas subdivisões, primeiramente prática e de linguagem, para depois segmentar a função de linguagem em significante e formal-estética, a significante ainda possui outras duas divisões: indicativa e simbólica. Pode-se observar que Bürdek (2006), assim como Löbach (2001), separa as funções mais relacionadas com a função prática do produto das que dizem respeito exclusivamente aos aspectos da linguagem do produto, estéticos e simbólicos.

Para este trabalho vai se adotar a nomenclatura estabelecida por Löbach (2001), mas os conceitos serão elaborados relacionando as ideias dos três autores: Löbach (2001), Bürdek (2006) e Norman (2008). Norman (2008) vai se considerado neste estudo por possuir uma classificação para o desenvolvimento de produtos baseada nos aspectos perceptivos.

- **Função prática**

Segundo Löbach (2001) e Bürdek (2006), são as relações estabelecidas entre o produto e o usuário que se embasam em efeitos diretos orgânico-corporais, envolve todos os aspectos fisiológicos de uso. O preenchimento desta função cria condições adequadas para que mediante o uso do produto possam se satisfazer as necessidades físicas, relaciona-se diretamente com o nível comportamental proposto por Norman (2008), pois é o que se refere diretamente a função do produto, a contemplação deste nível diz respeito ao aspecto funcional, é onde se localiza a maior parte do comportamento humano, é o comportamento cotidiano. O design comportamental diz respeito ao uso, neste caso a aparência realmente não importa, a função vem em primeiro lugar, o que importa é o desempenho (NORMAN, 2008).

- **Função estética**

A função estética está intimamente ligada ao processo de percepção sensorial, envolve os aspectos psicológicos da percepção sensorial durante o seu uso. “A função estética dos produtos é um aspecto psicológico da percepção sensorial durante o seu uso” (Löbach, 2001, p. 60). Bürdek (2006) determina que a função estética relaciona-se com a linguagem

do produto, mas também evoca o sentido perceptivo da função estética, sendo que a ela diz respeito exclusivamente às impressões sensoriais de elementos formais como o ritmo, as proporções e as harmonias. Mais especificamente nos produtos, Bürdek (2006), a função estética pode ser apreciada em detrimento do conteúdo, ou seja, da função prática.

Para Norman (2008), é a parte contemplativa do cérebro, ela não tem acesso direto nem as informações sensoriais nem ao controle do comportamento. O design reflexivo cobre um território muito vasto tudo nele diz respeito à mensagem, tudo diz respeito à cultura, tudo diz respeito ao significado de um produto ou seu uso. Por um lado, diz respeito ao significado das coisas, às lembranças pessoais que alguma coisa evoca (NORMAN, 2008, p. 107).

- **Função simbólica**

Diz-se que um objeto possui função simbólica quando consegue estabelecer ligações com suas experiências e sensações anteriores, estimulando assim a espiritualidade por meio da percepção. “A função simbólica dos produtos é determinada por todos os aspectos espirituais, psíquicos e sociais do uso” (LÖBACH, 2001, p. 64).

Para Norman (2008, p. 91) ela pode ser chamada de camada automática ou pré-programada, é a responsável por fazer julgamentos rápidos do que é bom ou ruim, seguro ou perigoso. “O design visceral é todo relacionado ao impacto emocional imediato”. Envia sinais apropriados para os músculos e alerta o resto do cérebro, é o princípio do processamento afetivo (NORMAN, 2008). “Os princípios subjacentes do design visceral são predeterminados, consistentes entre povos e culturas. Se você concebe seu design de acordo com estas regras, seu design sempre será atraente, ainda que um tanto simples” (NORMAN, 2008, p. 89).

Bürdek (2006) relaciona a função simbólica com a linguagem do produto, dentro das funções significantes, fazendo uma direta relação com as proposições de Löbach (2001) e Norman (2008), que dizem respeito a produção de significados ao usuário.

Na figura 3, exemplos de produtos com ênfase em funções diferentes, no exemplo A o prendedor de roupa contempla somente a função prática; o exemplo B preocupa-se com as funções prática e estética; o produto C apresenta a contemplação das três funções, prática,

estética e simbólica, demonstrando que já existem produtos no mercado que buscam se utilizar da máxima relação entre o usuário e o produto.

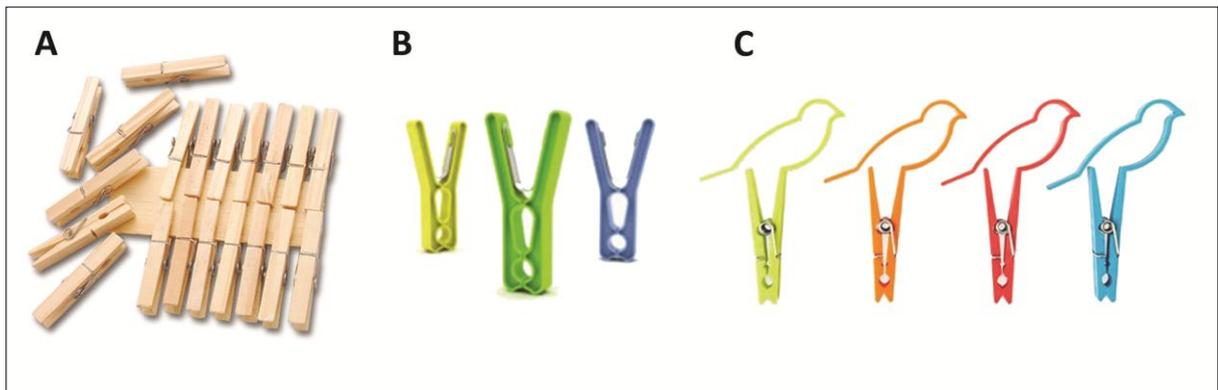


Figura 3: Prendedores de roupa que contemplam diferentes funções: (A) Função prática, (B) Função estética e (C) Função simbólica

Fonte: (A) função prática e (B) função estética, PRINCI (2012) e (C) função simbólica, MOMA (2012)

De acordo com as funções explicitadas anteriormente, a aplicação de microcápsulas no design de produtos pode direcionar a função do produto para a função estética ou simbólica, envolvendo assim os aspectos psicológicos da percepção sensorial na relação com o usuário.

2.2 MICROCÁPSULAS

A Microencapsulação é uma tecnologia de revestimento de pequenas partículas de sólidos, líquidos ou componentes gasosos em uma membrana (PEÑA et. al. 2012 e DEASY, 1984). Esta tecnologia é utilizada principalmente para efeitos de proteção e liberação controlada (GHOSH, 2006 e MADENE et. al., 2006).

Como resultado do processo de microencapsulação obtém-se a "microcápsula". Microcápsulas, são cápsulas de tamanho micrométrico ($> 1 \mu\text{m}$), com diâmetro entre $1 \mu\text{m}$ e $1000 \mu\text{m}$ (SALAÜN; VROMAN; ELMAJID, 2012 e GHOSH, 2006). Segundo Kirk-Othmer (1998), partículas menores que $1 \mu\text{m}$ são chamadas nanopartículas, se forem maiores que $1000 \mu\text{m}$, são chamadas de microgrânulos ou macrocápsulas.

As microcápsulas possuem forma esférica ou irregular e são divididas em duas partes, o núcleo e o invólucro. O núcleo (a parte intrínseca) contém o ingrediente ativo, enquanto o invólucro (a parte extrínseca) protege o núcleo permanente ou temporariamente da

atmosfera externa (GHOSH, 2006, MADENE et. al., 2006 e DUBEY; SHAMI; RAO, 2009), conforme Figura 4.



Figura 4: Estrutura esquemática da microcápsula composta de invólucro (parte externa) e do núcleo (parte interna)

A utilização de microcápsulas está presente em diferentes segmentos há algum tempo, pode-se destacar seu uso no papel carbono, no cristal líquido, em adesivos, cosméticos, inseticidas, fármacos, na medicina, alimentos, e na indústria têxtil (MADENE et. al., 2006, MONLLOR; BONET; CASES, 2007 e PEÑA et. al., 2012). O envolvimento de materiais para protegê-los de influências ambientais é o que define o processo de microencapsulação, isolando e protegendo as substâncias do ambiente externo (NELSON, 2002 e PEÑA et. al., 2012).

Ghosh (2006, p. 12), afirma que “o encapsulamento de materiais tem evoluído a partir de exemplos encontrados na natureza”. Nela podemos encontrar numerosos exemplos, tanto em escala macrométrica como nanométrica, onde materiais são envolvidos para protegê-los de influências ambientais.

A utilização de microcápsulas pode trazer inúmeros benefícios quando aplicadas em produtos, alguns são destacados por Ghosh (2006), Dubey, Shami e Rao (2009) e Peña et. al., (2012). Desta forma o uso das microcápsulas tem finalidades como:

- proteção à instabilidade, quando se trata de um material sensível ao ambiente;

- melhor capacidade de processamento (melhorar a solubilidade, dispersibilidade, fluidez);
- melhoria de vida útil, evitando reações de degradação (desidratação, oxidação);
- controle do tempo de liberação da substância;
- manipulação segura e conveniente de materiais tóxicos;
- mascarar odores e gostos;
- imobilização de enzimas e microorganismos;
- controlar a liberação de drogas e manipulação de líquidos como sólidos;
- separação de componentes incompatíveis;
- liberação direcionada de materiais encapsulados;
- conforto térmico e
- percepção.

Observando os benefícios do microencapsulamento listados anteriormente, encontra-se o principal objetivo da microencapsulação garantir que o material encapsulado atinja a área de ação sem ser adversamente afetado pelo ambiente (DUBEY; SHAMI; RAO, 2009 e PEÑA et. al., 2012).

2.2.1 Tipos de microcápsulas

As microcápsulas podem ser classificadas em dois tipos: quanto ao material da casca e quanto ao material ativo (presente em seu núcleo). De acordo com o material que envolve a casca, pode ser: polimérico, cerâmico ou de gelatina. O material pelo qual é constituída a casca é que vai determinar as propriedades mecânicas, físico-químicas e possibilidades de aplicação. A estrutura da parede influencia o comportamento de liberação do composto encapsulado (SALAÜN; VROMAN; ELMAJID, 2012), dessa maneira, o modo que o conteúdo da cápsula é liberado depende do tipo de polímero e da espessura do material da parede (MOLLET; GRUBENRNANN, 2001). Tintas contendo microcápsulas, mediante estímulos ambientais, alteram a sua estrutura físico-química e assumem determinado comportamento visual (NEVES, 2007).

Existem diferentes possibilidades de liberação do conteúdo das microcápsulas, podendo ocorrer por: ruptura mecânica ou fricção, ação da temperatura, ação do pH,

solubilidade no meio, biodegradação e difusão (SANTOS; FERREIRA; GROSSO, 2000, MADENE et. al., 2006 e NEVES, 2007).

O material ativo é o que determina a finalidade e benefícios da utilização da microcápsula, para este trabalho vão ser abordadas as luminescentes e as aromáticas.

- **Luminescentes**

Este tipo de microcápsulas pertence ao grupo das que se modificam em resposta à luz UV (Nelson, 2002), podem ser fluorescentes e fosforescentes. O uso de corantes encapsulados tem se mostrado promissor, segundo Mahltig, Haufe e Böttcher (2005), pois confere as substâncias melhor estabilidade, impedindo que sejam desprendidas facilmente durante processos de lavagem, o que pode causar também um melhoramento de outras características, como a fotoestabilidade e o rendimento da fluorescência, no caso dos corantes luminescentes.

Para compreender o que é fluorescência e fosforescência é necessário o entendimento da luminescência. Segundo Duarte (2003) e Szuster, Kaźmierska e Król (2004), a luminescência é a capacidade da matéria em absorver e emitir luz na região do visível, infravermelho (IV) e/ou ultravioleta (UV). Por corantes luminescentes se entendem os que capazes de emitir radiações luminosas com maior intensidade do que a sua temperatura, ou seja, corantes que emitem luz com uma intensidade superior aquela que deveria emitir (SZUSTER; KAŻMIERSKA; KRÓL, 2004).

Para emitir radiação eletromagnética é necessário fornecer energia à matéria e de acordo com o tipo de energia fornecida podemos ter o tipo de luminescência, se a fonte de energia é a própria luz, denomina-se de fotoluminescência (DUARTE, 2003).

A fluorescência é um caso particular da fotoluminescência, conforme Duarte (2003), quando a matéria absorve ou é excitada por uma energia luminosa. “Existe, ainda, a fosforescência que é o mesmo fenômeno, mas retardado no tempo, o tempo entre a excitação e a emissão pode ser na ordem dos segundos” (DUARTE, 2003, p. 01).

- **Aromáticas**

São microcápsulas que contêm em seu núcleo óleos aromáticos protegidos por microencapsulação para aumentar sua estabilidade (WANG; CHEN, 2005 e MONLLOR; BONET; CASES, 2007). Em microcápsulas aromáticas, segundo Madene et. al. (2006) e Neves (2007), os modos mais comuns de liberação de odores utilizados nesse tipo de microcápsulas são: o contato com o ar, fricção ou por qualquer outra fricção mecânica.

Os aromas mais frequentemente usados são hortelã, limão, pinheiro e laranja (NELSON, 2002 e RODRIGUES et. al., 2009). Este tipo de microcápsula é muito utilizada na indústria têxtil, pois por meio da microencapsulação as fragrâncias são capazes de permanecer em uma peça de roupa durante um parte significativa da sua vida, ou seja, a vida útil dos compostos pode ser estendida (PEÑA et. al., 2012, RODRIGUES et. al., 2009 e NELSON, 2002).

Uma aplicação comum deste tipo de microcápsulas, conforme Neves (2007) é para o uso em publicidades externas, como outdoors. Empresas coreanas tem aplicado microcápsulas aromáticas em cortinas, sofás, almofadas; os fabricantes afirmam que a aromaterapia produz efeitos tais como a capacidade para ajudar com insônia (NELSON, 2002). Segundo Wang e Chen (2005) os aromas de lavanda, rosa, frutas cítricas e baunilha foram encapsulados em tecidos, mostrando-se como uma boa maneira de satisfazer importantes necessidades psicológicas e emocionais, bem como aquelas de natureza puramente física e sensorial, esses tipos de tecidos são chamados 'têxteis aromaterápicos'.

Nelson (2002) relata que sem a utilização se microcápsulas, peças que são impregnadas com óleos aromáticos, independente da tecnologia utilizada, resistem apenas a um ou dois ciclos de lavagem. Em contrapartida, Nelson (2002) e Rodrigues et. al., (2009), apresentam resultados de aplicação de microcápsulas aromáticas impregnadas em tecidos, que resistem a lavagens e limpeza a seco que variam de aproximadamente entre cinco (RODRIGUES, et. al., 2009) e oito ciclos a trinta ciclos (NELSON, 2002), mostrando que a microencapsulação garante a conservação do aroma na peça por mais tempo.

A indústria alimentícia também tem feito uso da encapsulação de aromas, empregada para reter o aroma de um produto alimentar durante o armazenamento, proteger o sabor de interações indesejáveis com alimentos, minimizar ações da luz que induzem a reações ou

a oxidação, aumentando a vida útil dos sabores na prateleira e permitindo uma liberação controlada (MADENE et. al., 2006).

2.3 MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE MICROCÁPSULAS

2.3.1 Serigrafia

A serigrafia, segundo Nelson (2002), é tradicionalmente utilizada para aplicar microcápsulas em suportes como papel e tecido, a escolha deste método se dá também, pois, segundo Kozicki et. al. (2013), permite a obtenção de uma cobertura uniforme de microcápsulas na superfície dos tecidos.

O processo de impressão serigráfico é um dos sistemas de impressão convencional mais versátil, produz ótimos resultados e pode ser aplicado em diferentes materiais, superfícies, tamanhos, formas, texturas e espessuras, com diversos tipos de tintas e cores (FERNANDES, 2003 e GOMES FILHO, 2006). Esse método, segundo Fonseca (2008, p. 190), “permite tiragens que vão desde um único exemplar até centenas de milhares [...]”. Além disso, o material a ser impresso não necessita ser plano; pode ter curvas ou e até reentrâncias.

O processo pode ser feito de forma mecânica ou manual. Dessa maneira é possível aplicar as microcápsulas misturadas na tinta ou no verniz em áreas específicas da superfície. Nelson (2002) explica que, quando se utiliza a serigrafia para a aplicação, pode-se simplesmente misturar as microcápsulas com tinta ou verniz à base d’água.

Caracterizado como “um processo de impressão direta de matriz permeográfica” (FERNANDES, 2003, p. 142). As matrizes podem ser planas ou cilíndricas. O procedimento consiste em passar a tinta, por pressão de um rodo sobre um estêncil montado em uma tela (matriz) de seda (ou outro tecido apropriado, como náilon ou dácron) esticada em um bastidor. A matriz pode ser recortada manualmente em papel ou outro material. Pode também ser pintada na própria tela com substâncias obstruidoras (colas ou outras), ou fixado por emulsão fotográfica (FONSECA, 2008).

A tinta que pode ser líquida ou coloidal (algo entre o pastoso e o líquido, como uma gelatina) (FERNANDES, 2003), no processo serigráfico “é vertida sobre a tela e, com uma espátula de borracha (rodo), empurrada através da trama do tecido exposto no estêncil

sobre o objeto ou superfície que se quer imprimir” (FONSECA, 2008, p. 189). Na Figura 5, exemplo de equipamentos que são utilizados para a impressão serigráfica.



Figura 5: Equipamentos utilizados na impressão serigráfica: tela matriz de 55 fios, rodo e tinta
Fonte: Registro do autor

Nelson (2002) recomenda que a impressão com microcápsulas seja realizada na última passagem sob a tela para evitar danos. O mesmo autor também aponta a aplicação de microcápsulas incolores por meio de serigrafia sobre tecidos ou padrões impressos, sem qualquer efeito adverso e visível.

2.3.2 Impregnação

No final de 1999, começaram a aparecer métodos para a aplicação de microcápsulas em têxteis que permitiam adicionar uma fragrância, vitamina, creme hidratante ou mesmo um repelente a todos os tipos de suportes têxteis (NELSON, 2002). Rodrigues et. al., (2009) relata que fragrâncias foram adicionadas em têxteis por um longo tempo sob a forma de condicionadores de tecidos na lavagem e durante a secagem.

Segundo Nelson (2002), dependendo da aplicação e do ciclo de lavagem utilizado, até 30 lavagens podem ser alcançadas sem perda completa da fragrância, mas Rodrigues et. al. (2009), relata estudos que afirmam que, independentemente da qualidade da técnica

utilizada para incorporar a fragrância, o seu efeito é relativamente curto, podendo sobreviver apenas por um ou dois ciclos de lavagem, Rodrigues et. al. (2009) indica que a facilidade de liberação do aroma da microcápsula está relacionada diretamente com o tamanho da microcápsula, quando maior, mais fácil é o rompimento da casca.

Existem algumas maneiras de aumentar a durabilidade da impregnação em têxteis, Holme (2007) relata que a utilização de resina conjuntamente com o banho aquoso pode ser utilizada para aumentar a durabilidade em têxteis. Monllor, Bonet e Cases (2007) apresentam testes de aplicação de microcápsulas em têxteis que utilizam resina acrílica para a impregnação mais duradoura, melhorando assim a fixação no suporte, conforme processo descrito a seguir:

Microcápsulas de casca polimérica sabor menta foram adicionadas a um tecido de algodão de 20 cm x 20 cm¹ por impregnação em meio aquoso do tipo contínua. O banho de impregnação era composto de 30 g/L de amostra de microcápsulas e de 20 g/L de resina acrílica. A impregnação foi realizada a uma velocidade de 2 m/min e pressão do cilindro de 1,5 kg/cm (MONLLOR, BONET e CASES, 2007).

Na descrição acima foi empregado um dos métodos mais comuns para a impregnação de microcápsulas em tecidos, o das dispersões aquosas, que pode ser aplicadas por exaustão ou hidroextração (NELSON, 2002 e RODRIGUES et. al., 2009).

Nelson (2002) e Rodrigues et. al., (2009), utilizam para a impregnação de microcápsulas nos tecidos processos de tingimento. Segundo Salem (2010), normalmente se faz o tingimento em banho aquoso, e este banho pode ser feito por meio de dois processos: contínuo e esgotamento.

- **Contínuo**

No processo contínuo “o banho de impregnação fica estacionado enquanto o substrato passa continuamente por ele, é espremido mecanicamente e fixado por calor seco ou vapor ou por repouso prolongado” (SALEM, 2010, p. 43).

¹ Segundo Monllor, Bonnet e Cases (2007), esse é o tamanho mínimo recomendado para testes em banho aquoso contínuo.

- **Esgotamento**

Nesse processo o corante é deslocado do banho para fibra, havendo um contato frequente entre o banho e a fibra, que se dá por meio da movimentação de um deles ou dos dois (SALEM, 2010).

2.4 SUPORTES

2.4.1 Tecidos

O segmento têxtil tem recebido atenção com inúmeras pesquisas na área de microcápsulas. Fragrâncias são comumente adicionadas aos tecidos por meio de amaciantes na lavagem e também durante a secagem na máquina, todos com o mesmo objetivo, conferir um aroma fresco aos tecidos, estimulando o olfato (PEÑA et. al., 2012; RODRIGUES et. al., 2009 e NELSON, 2002). Algumas tentativas têm sido feitas na adição de fragrâncias diretamente à fibra e tecidos, conseguindo resultados que conseguem sobreviver de um a cinco ciclos de lavagem (PEÑA et. al., 2012 e NELSON, 2002).

Segundo Treptow (2003, p. 115), “os tecidos são constituídos pelo entrelaçamento de fios têxteis, formados por um único tipo de fibra ou pela mistura de fibras”. As fibras podem ser divididas, segundo Salem (2010) em duas categorias: naturais e químicas (sintéticas), as naturais, conforme Figura 6, são subdivididas em vegetal, animal e mineral e as químicas, conforme Figura 7, são divididas em de polímeros naturais e de polímeros sintéticos. As naturais são o algodão, linho (fibras vegetais), lã, pelo animal e seda (fibras animais) e amianto (minerais). As fibras químicas de polímeros naturais compreendem viscose, acetato, triacetato, produzidas a partir de matéria prima vegetal (celulose) e fibras químicas de polímeros sintéticos são poliéster, poliamida, poliacrílico, entre outras (BURDA, 2002 e SALEM, 2010).

As fibras possuem propriedades físicas e químicas, que determinam as características do tecido. “As características de uma fibra, seu peso, calor, aparência, desempenho, determinam as qualidades dos tecidos e malhas e os usos para os quais se destinam”, (JONES, 2005, p.120).

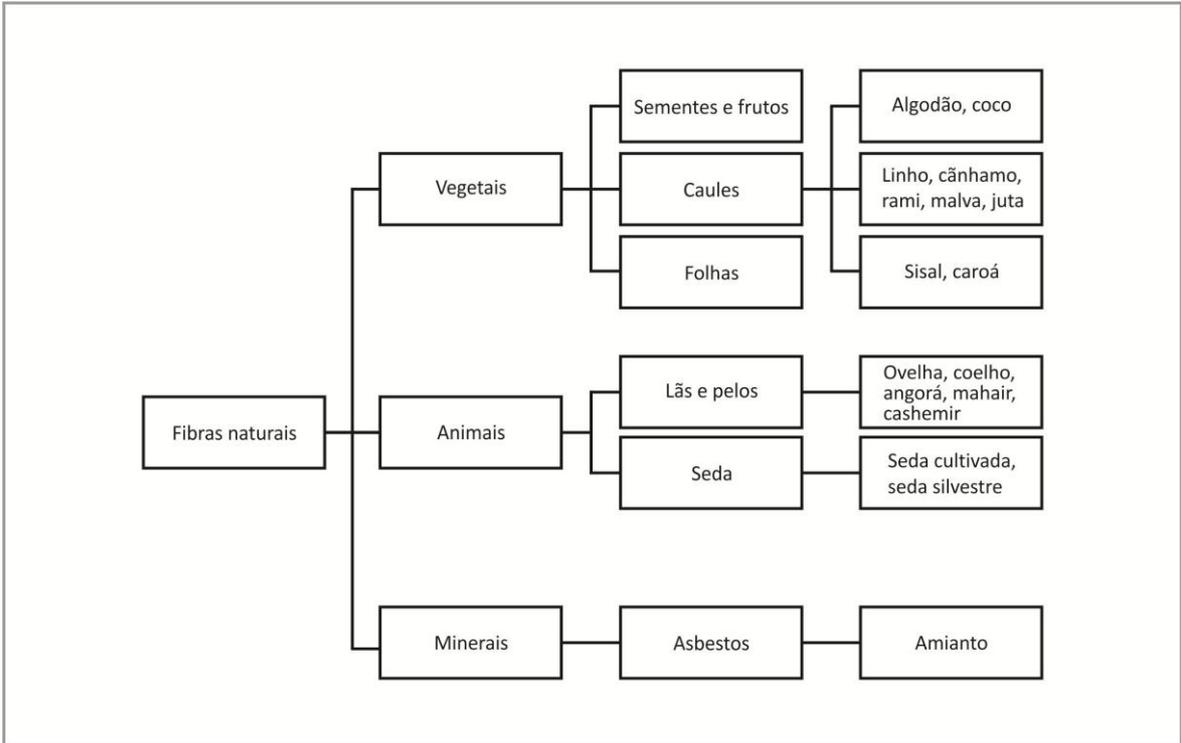


Figura 6: Classificação das fibras naturais
 Fonte: Salem (2010)

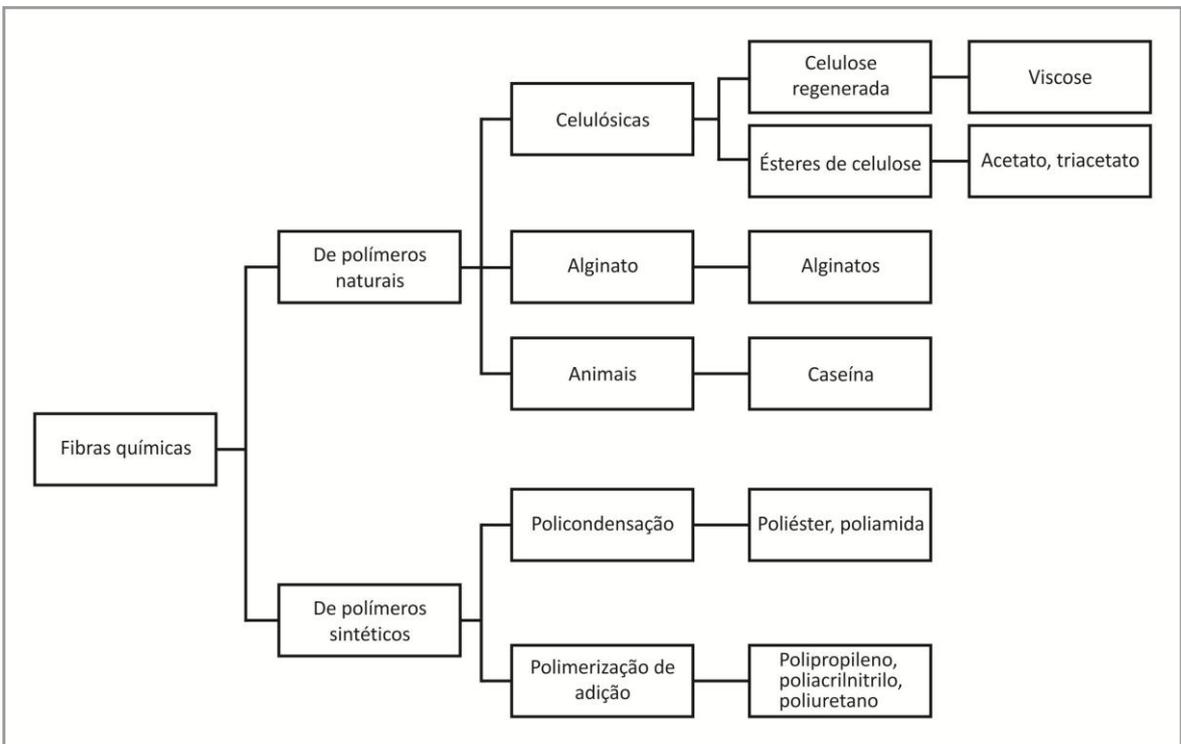


Figura 7: Classificação das fibras químicas
 Fonte: Salem (2010)

Segundo Jones (2005), Camargo (2007) e Salem (2010), as principais propriedades das fibras são: natureza, absorção, lustro, fiabilidade, resistência à tração e alongamento, resistência ao calor (chama), ponto de fusão, resistência à abrasão.

Natureza, diz respeito ao material que constitui a fibra, por exemplo, algodão ou poliéster. A absorção se refere à capacidade da fibra de absorver líquidos; o lustro tem relação com o brilho natural da fibra, quanto mais lisa e circular mais brilhante. A fiabilidade é propriedade da fibra de se transformar em fio; resistência à tração e alongamento é a capacidade de suportar uma carga até romper-se e alongamento é a propriedade que as fibras têm de, após terem sido submetidas às forças de tração, sofrendo um alongamento, retornarem ao seu comprimento inicial logo que é eliminada esta força de tração.

Existem duas formas principais de transformar a fibra em tecido: a tecelagem e a malharia; têxteis produzidos por outros métodos (feltro, redes, rendas e tecidos prensados) são classificados como não-tecidos (JONES, 2005 e KIM, 2012).

O tecido plano é obtido por meio de teares planos a partir do entrelaçamento de fios transversais ou de comprimento (urdume) e horizontais ou largura (trama) (TREPTOW, 2003; JONES, 2005 e KIM, 2012). O modo como os fios são entrelaçados é que define o caimento e o comportamento do tecido, “o tecido adquire toque mais liso e maior brilho quando as passadas do urdume sobre a trama são mais frequentes” (TREPTOW, 2003, p. 118). A firmeza e o caimento de um tecido também estão relacionados ao número de entrelaçamentos por centímetro (JONES, 2005).

Os principais tipos de trama de tecido, segundo Jones (2005) e Treptow (2003) são: tecido plano ou tafetá, sarja e cetim:

Tecido plano: também chamado de tafetá, é o entrelaçamento mais comum, quando a trama passa uma vez por cima e uma vez por baixo do urdume, esse ligamento produz tecidos mais firmes e resistentes.

Sarja: quando a trama cruza pelo menos duas vezes o urdume, o que lhe confere um padrão diagonal, o resultado é um tecido mais maleável.

Cetim: o entrelaçamento dos fios é menos frequente, o que produz um tecido com toque mais liso e mais brilhante, com tendência a esticar.

Na Figura 8, apresentam-se os principais tipos de trama de tecido.

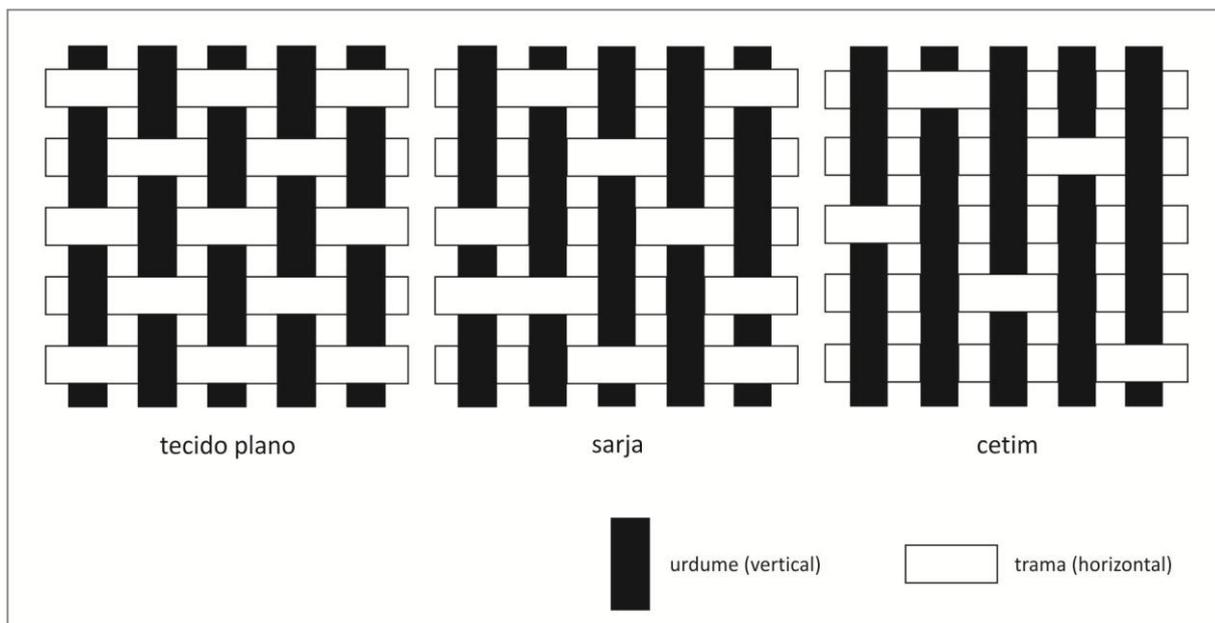


Figura 8: Principais tipos de trama de tecido, baseados em Treptow (2003) e Jones (2005)
 Fonte: Treptow (2003) e Jones (2005)

Com o objetivo de entender como as microcápsulas se comportam nos suportes têxteis foram selecionados dois tipos de suportes, um de fibra natural, o algodão e outro de fibra química (sintética), o poliéster.

- **Algodão**

O tecido de algodão é obtido a partir de uma fibra natural, obtida da casca da semente do algodoeiro, possui cultivo barato, boa distribuição e muitas variedades, é também um tecido versátil, macio, fácil de tingir e lavar (JONES, 2005 e CHEN e CHIANG, 2008). Segundo estudos apresentado pela Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia (2012), atualmente cerca de 81 países cultivam o algodoeiro, os líderes são a China, Estados Unidos e Índia, a planta possui grande resistência à seca e constitui-se em uma das poucas opções para cultivo em regiões semiáridas.

É também considerado um tecido muito resistente, tanto à fricção quanto à tração, e apresenta uma boa transferência de calor, possui também uma qualidade muito própria, sua

capacidade de absorção de líquidos, isso se dá devido a mercerização² (BURDA, 2002 e CHEN e CHIANG, 2008). É amplamente utilizado em roupas devido às suas excelentes propriedades, tais como conforto, absorção, maciez e ventilação (ABKENAR e MALEK, 2012 e KIM, 2012). A Figura 9 mostra o tecido algodão utilizado nas aplicações, pode-se verificar também a sua trama tecido plano, conforme apresentada na Figura 8, por Treptow (2003) e Jones (2005).

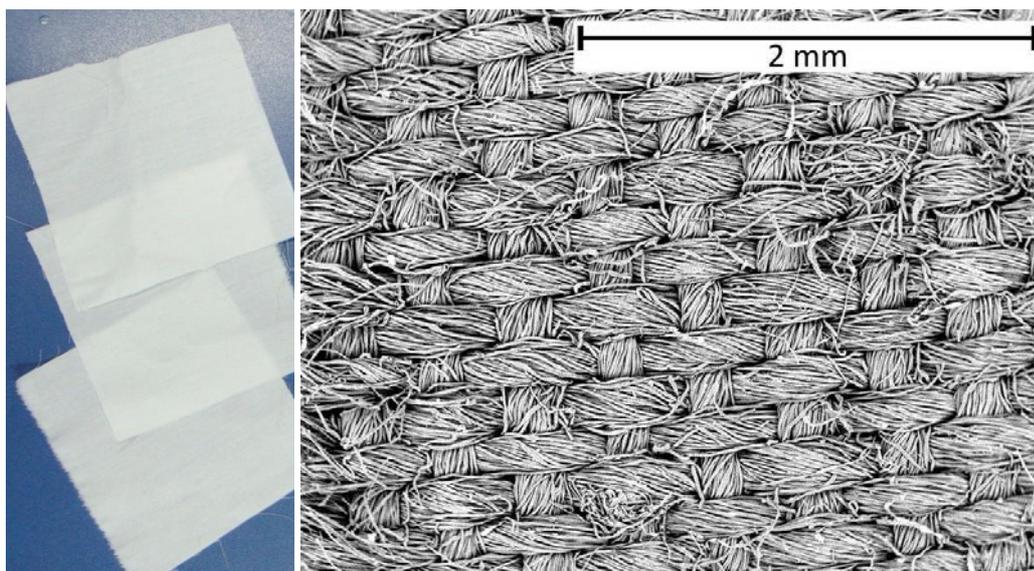


Figura 9: Foto do tecido algodão (esquerda) e imagem da trama tecido plano do algodão obtida por microscopia eletrônica de varredura (MEV), parâmetro de operação X50 (direita)

Fonte: Registro do autor

A qualidade do tecido depende diretamente do comprimento de suas fibras (o 'grampo' designa o comprimento da fibra), quanto maior o grampo, mais finos são os fios. (BURDA, 2002 e ACIMIT, 2000), ou seja, quanto mais comprida for a sua fibra mais caro é o algodão. A diferença no comprimento da fibra é determinada pela espécie do algodão. A variedade de algodão de maior prestígio é chamada ELS, sigla em inglês que se refere a *Extra-Long Staple*, que são cultivadas em quantidades relativamente pequenas no Egito, Sudão, Israel, EUA e Peru (ACIMIT, 2000).

² Tratamento com soda cáustica com o material sob tensão, processo no qual confere ao algodão um ligeiro brilho e resistência à tração e o poder de absorção são aumentados (BURDA, 2002).

- **Poliéster**

O poliéster é uma fibra sintética de origem petroquímica desenvolvida pela empresa DuPont em 1941, pode ser obtida também com a reciclagem de cartões plásticos e garrafas de bebidas (JONES, 2005). A Figura 10 mostra o tecido poliéster com trama tecido plano, conforme a classificação de Treptow (2003) e Jones (2005), apresentada na Figura 8, utilizado para as aplicações.

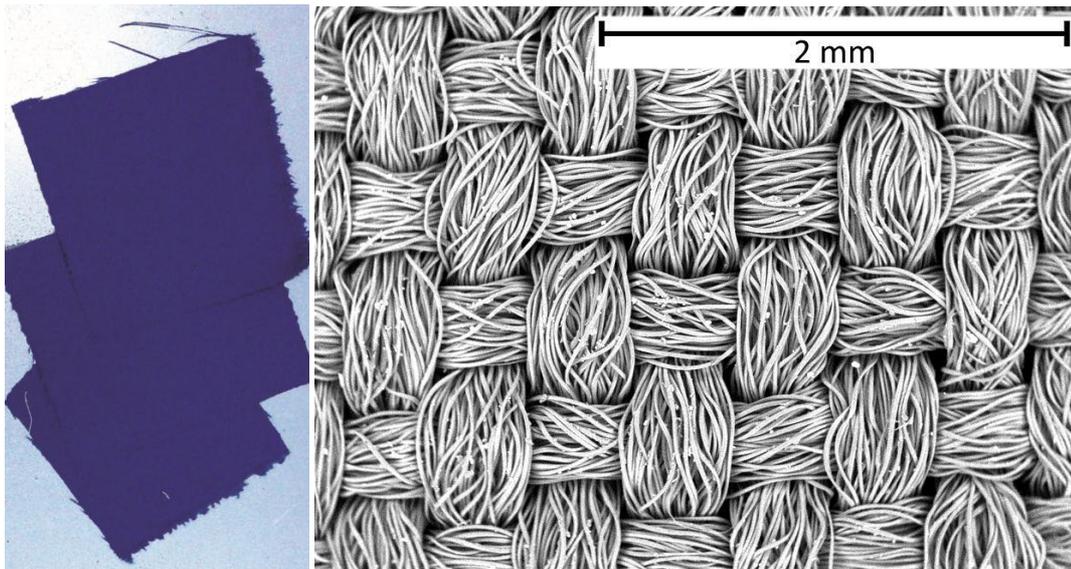


Figura 10: Foto do tecido poliéster (esquerda) e imagem da trama tecido plano do poliéster obtida por MEV, parâmetro de operação X50 (direita)
Fonte: Registro do autor

Segundo ACIMIT (2000), as fibras sintéticas são provenientes de materiais não fibrosos que se tornam matérias-primas têxteis, graças a uma operação de síntese, daí o seu nome. Em química, entende-se por síntese uma operação através da qual, a partir de substâncias simples, obtêm-se substâncias mais complexas. Dessa maneira, fibras sintéticas são obtidas como resultado da combinação de muitas unidades químicas, que são montados de modo a formar cadeias longas, os polímeros, os quais são, então, convertidos em fibras por operação de fiação (ACIMIT, 2000).

O polímero é transformado pela orientação das macromoléculas no processo de formação do filamento, que é o elemento básico de as seguintes fases: desenho, a produção de fio de filamento contínuo ou de fibra curta e, se necessário, texturização. Por este último processo, os filamentos que constituem o fio contínuo são dobrados para fazer um fio mais volumoso (ACIMIT, 2000, p. 27).

No ano de 1998, a produção mundial de fibras sintéticas superou a de algodão, passando para mais de 25 milhões de toneladas, em comparação com um pouco mais de 18 milhões de toneladas de algodão, segundo ACIMIT (2000, p. 27), “o crescimento tem sido considerável ao longo dos últimos 30 anos: basta dizer que a saída foi de 4,8 milhões de toneladas em 1970, 10,6 milhões de toneladas em 1980 e 16,0 milhões de toneladas em 1990”. A sua descoberta marcou uma nova etapa na revolução industrial, mudando profundamente a indústria têxtil, não era mais necessário a dependência dos meios naturais, era possível se produzir uma fibra, que acabou se popularizando por sua grande versatilidade. (ACIMIT, 2000 e BURDA, 2002).

É considerada barata e fácil de cuidar, mantém a forma, não amassa, é resistente a luz, as traças e a degradação, além disso, é macio e flexível (BURDA, 2002 e JONES, 2005). Possui uma reduzida capacidade de absorver a umidade. O poliéster é considerado a mais multifacetada das fibras químicas sintéticas, tem excelentes propriedades: estabilidade dimensional, alta tenacidade, boa resistência à luz e intempéries (ACIMIT, 2000).

2.5 TESTES DE DURABILIDADE

A durabilidade das microcápsulas é um fator importante a ser considerada (Wang e Cheng, 2005). Para testar a durabilidade devem ser feitos testes de acordo com o suporte utilizado e baseados em normas determinadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Para aplicações em tecidos são utilizadas técnicas de lavagens que simulam o processo de lavagens a que são submetidos os tecidos durante o seu uso diário (RODRIGUES, et. al., 2009 e CRUZ et. al., 2011). A norma que especifica a resistência da cor de têxteis, segundo Cruz et. al. (2011) é a utilizada para testar a durabilidade de aplicações com microcápsulas.

Esta parte da ABNT NBR ISO 105 especifica métodos destinados à determinação da resistência da cor de têxteis de todos os tipos e em todas as formas aos procedimentos de lavagens doméstica ou comercial usados para artigos domésticos usando um detergente de referência. Artigos de uso industrial e hospitalar podem ser submetidos a procedimentos de lavagens especiais que podem, em alguns aspectos, ser mais severos (ABNT NBR ISO 105-C06:2010).

A ABNT NBR ISO 105-C06:2010, é uma versão brasileira para a norma ISO 105-C06, norma que foi também utilizada nos ensaios descritos por Kozicki et. al. (2013) para testar fixação de nitrato de prata em têxteis após impressos com serigrafia, conforme processo descrito a seguir.

Uma amostra de tecido algodão foi colocada em 150 cm³ de solução sem bolas de metal, e foi lavada a 40°C durante 30 min (um ciclo simples). Em seguida as amostras foram lavadas com água e secas a 40°C durante 40 min (KOZICKI, 2013).

Quanto ao número de lavagens que devem ser submetidas às amostras, Cruz et. al. (2011), apresentaram estudos de aplicação de materiais de mudança de fase microencapsulados (PCM) submetidos a 4 ciclos de lavagem, o que equivale a 5 lavagens industriais ou domésticas. Na Figura 11, apresentam-se os resultados dos testes de durabilidade desenvolvidos por Cruz et. al. (2011), as imagens mostram as microcápsulas aderidas na fibra e a sua diminuição ao longo dos ciclos de lavagem.

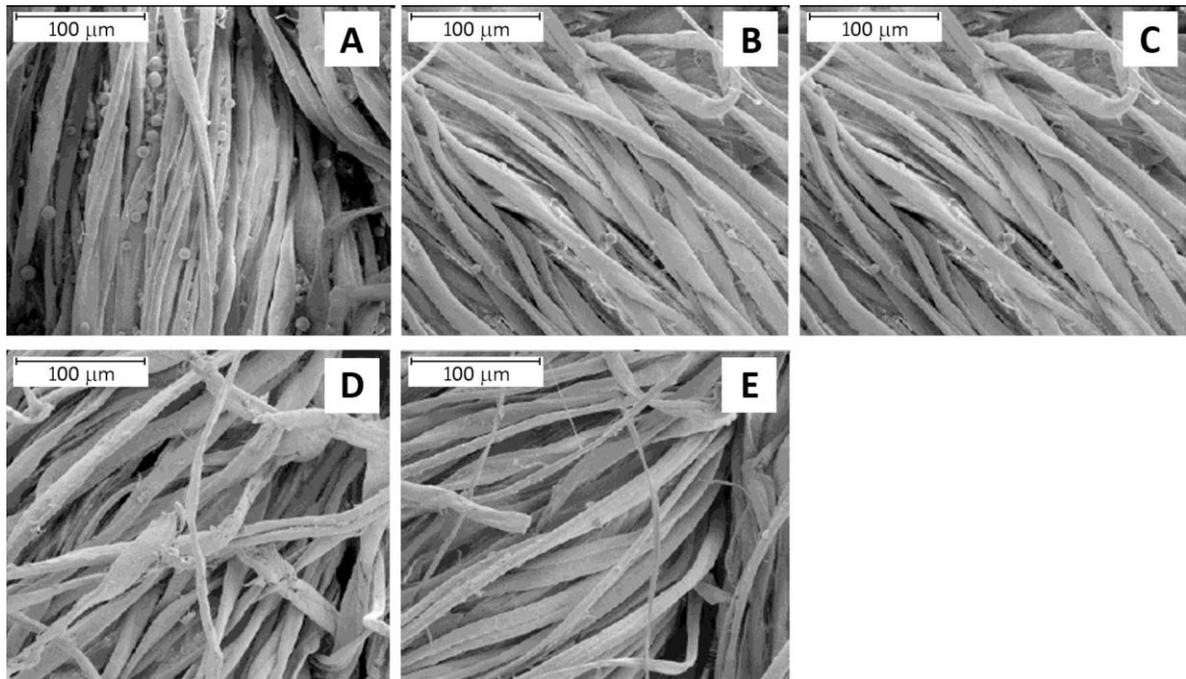


Figura 11: Resultados dos testes de durabilidade desenvolvidos por Cruz. et. al. (2011), (A) 0 lavagens, (B) 5 lavagens, (C) 10 lavagens, (D) 15 lavagens e (E) 20 lavagens, imagens obtidas por MEV, parâmetro de operação X1000

Fonte: Adaptadp de Cruz. et. al. (2011)

Estudos feitos por Monllor, Bonnet e Cases (2007), relatam resultados de teste de durabilidade feitos com microcápsulas de casca polimérica de menta aplicados em algodão, submetidos a 1, 5 e 10 ciclos de lavagem. Na Figura 12, pode ser observado que as microcápsulas permanecem no tecido após a aplicação dos ciclos de lavagem.

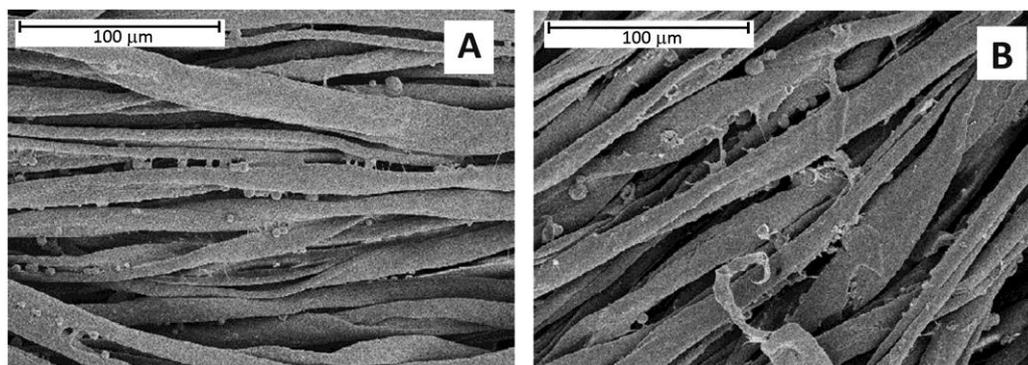


Figura 12: Resultados dos testes de durabilidade desenvolvidos por Monllor, Bonnet e Cases (2007), (A) 5 lavagens e (B) 10 lavagens, imagens obtidas por MEV, parâmetro de operação X500
Fonte: Adaptado de Monllor, Bonnet e Cases (2007)

2.6 METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO

Neste trabalho foram utilizadas as técnicas de caracterização de Microscopia Eletrônica de Varredura, com o objetivo de conhecer a estrutura micro das microcápsulas e dos suportes e de Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier, (FT-IR, do inglês, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). O FT-IR tem como objetivo obter um espectro infravermelho de absorção, emissão, fotocondutividade, ou dispersão de Raman de um líquido, sólido ou gás (GRIFFITHS; DE HASSETH, 2007).

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é um dos mais versáteis instrumentos disponíveis para a observação e análise das características microestruturais de materiais sólidos. A principal diferença entre o MEV e o microscópio óptico convencional é a utilização de elétrons no lugar de fótons, o que permite solucionar o problema de resolução relacionado com a fonte de luz branca (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

O MEV convencional, conforme Figura 13, consiste basicamente dos seguintes componentes: coluna óptico-eletrônico adaptada a uma câmara com porta amostra aterrado, sistema eletrônico, detectores e sistema de vácuo (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

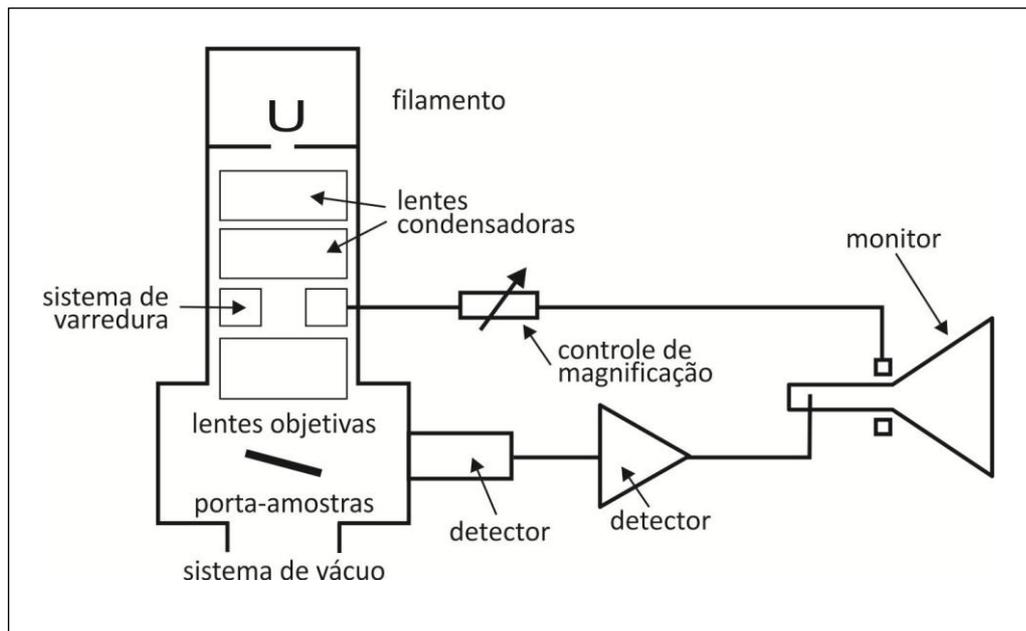


Figura 13: Desenho esquemático dos componentes básicos do MEV
 Fonte: (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007)

A função da coluna óptico-eletrônica é a produção de um pequeno feixe de elétrons de alta intensidade, nela estão presentes as bobinas de exploração eletromagnética de dupla deflexão, posicionadas no interior da lente final, alimentadas por um gerador de varredura, fazendo com que o feixe explore a superfície da amostra sequencialmente, iluminando áreas de aproximadamente 10 μm de diâmetro (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

A câmara de amostras é o compartimento onde são inseridas as amostras, o sistema eletrônico é constituído pela fonte de elétrons, chamada de canhão eletrônico e é composta basicamente por três elementos: filamento de tungstênio (W) ou de hexaboreto de lantânio (LaB6) + cátodo (cilindro de Whenelt) + ânodo diâmetro (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

O detector acelera os elétrons sobre a área reativa e, transmite um sinal através de um guia de luz e um fotomultiplicador aos amplificadores de sinal e aos processadores e, finalmente, para o tubo de raios catódicos (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

Os elementos ópticos: diafragma e lentes eletrostáticas ou magnéticas são responsáveis pela correção das aberrações das aberturas ou cromáticas (redução do diâmetro do feixe e focalização sobre o objeto), e o Sistema de varredura: bobinas defletoras comandam o ponto de impacto dos elétrons sobre a amostra. (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007, p. 15).

O sistema a vácuo é utilizado um conjunto de bombas operando com uma bomba mecânica para o vácuo primário e outra para o vácuo secundário, gerando vácuo para toda a câmara de amostras.

Entre as principais vantagens do MEV estão, segundo Dedavid, Gomes e Machado (2007):

- Permitir aumentos de 300.000 vezes ou mais, para a maior parte de materiais sólidos, conservando a profundidade de campo compatível com a observação de superfícies rugosas.
- Fornecer rapidamente informações sobre a morfologia e identificação de elementos químicos de uma amostra sólida.

Uma outra vantagem, segundo é a “facilidade com que uma determinada região de interesse na amostra pode ser escolhida e localizada em baixo aumento” (KESTENBACH et. al, 1997, p. 58).

A observação de imagens por meio do MEV também apresenta algumas limitações, segundo Sibilina (1988), as amostras ao serem estudadas devem ser sólidas e não reativas ao feixe de elétrons, e também não conter componentes altamente voláteis ou corrosivos. Isto se dá pelo fato desses componentes contaminarem a câmara de vácuo.

Mesmo com algumas desvantagens, “o MEV é um dos mais versáteis instrumentos disponíveis para a observação e análise de características micro estruturais de objetos sólidos”, isso se dá principalmente em razão de a alta resolução que pode ser obtida quando as amostras são observadas (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007, p. 10).

Uma das características mais importantes do MEV elencadas por Dedavid, Gomes e Machado (2007) é a aparência tridimensional conferida às imagens das amostras, só possíveis pela sua grande profundidade de campo, e a possibilidade de fazer também, o “exame em pequenos aumentos e com grande profundidade de foco, o que é extremamente útil, pois a imagem eletrônica complementa a informação dada pela imagem óptica” (p. 10).

Esta capacidade de conferir uma aparência tridimensional e a possibilidade de obterem-se pequenos aumentos com grande profundidade de foco, o que facilita a visualização e identificação das microcápsulas.

O termo FT-IR se originou do fato de que uma transformação de Fourier (um processo matemático) é necessária para converter os dados brutos para o espectro real. Um espectrômetro FT-IR simultaneamente coleta dados espectrais em uma ampla gama, o que segundo Griffiths e De Hasseth (2007), confere uma vantagem significativa sobre um espectrômetro de dispersão que mede a intensidade ao longo de uma faixa estreita de comprimentos de onda de cada vez.

Uma das vantagens do FT-IR é o fato de que as informações de todos os comprimentos de onda são coletadas simultaneamente, o que resulta em uma maior relação sinal-ruído para um dado tempo de verificação ou um curto tempo de verificação para uma dada resolução, outras vantagens menores incluem menor sensibilidade à luz e uma melhor precisão de comprimento de onda (WHITE, 1990).

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No capítulo que segue, são apresentados os procedimentos experimentais utilizados para o estudo e desenvolvimento de métodos de aplicação de microcápsulas em diferentes suportes, buscando além da facilidade de aplicação, fatores como durabilidade e acabamento para o emprego no design de produtos.

Para compreender os aspectos que envolvem o design de produtos, os conceitos que envolvem microcápsulas e seus métodos de aplicações em diferentes suportes foi utilizada a técnica da documentação indireta usando a fundamentação teórica como ferramenta.

Os procedimentos experimentais, consistiram em testar métodos de aplicação com microcápsulas de casca cerâmica e polimérica produzidas no LdSM/UFRGS em diferentes suportes e microcápsulas industriais para posteriormente avaliar aspectos de durabilidade e acabamento entre as microcápsulas obtidas em laboratório e relacionar com as microcápsulas industriais e com os métodos de aplicação empregados. A metodologia pode ser visualizada no esquema da Figura 14.

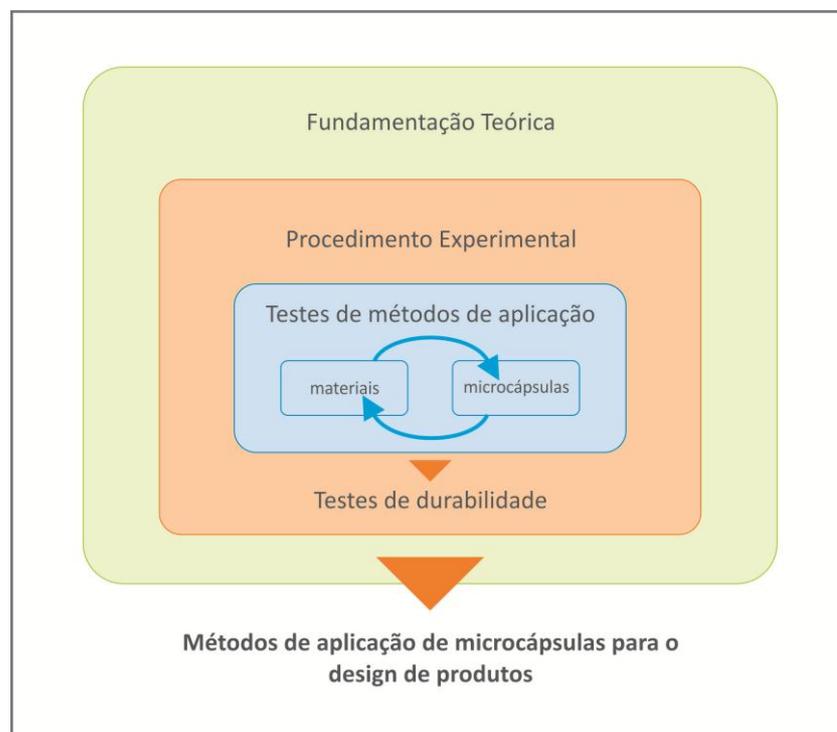


Figura 14: Esquema metodológico

3.1 MATERIAIS

Os materiais: microcápsulas, suportes, vernizes e suportes com microcápsulas aplicadas foram analisados no MEV, Hitachi/modelo TM 3000 e os vernizes puros e com microcápsulas aplicadas foram analisados por FT-IR modelo Spectrum 100 Perkin Elmer.

3.1.1 Suportes

Os suportes utilizados para as aplicações foram dois tecidos, o algodão, com trama tecido plano, Figura 9, e o poliéster, também com trama tecido plano, Figura 10.

3.1.2 Microcápsulas e vernizes

Para as aplicações foram utilizadas diferentes tipos de microcápsulas: aromáticas de casca polimérica de frutas vermelhas e erva-doce (ESCOBAR, et. al. 2010) e casca cerâmica de frutas vermelhas, algas marinhas e luminescentes (PEDROTTI JÚNIOR, et. al. 2010). Foram também utilizados para as aplicações dois vernizes industriais base d'água, um contendo microcápsulas aromáticas de baunilha e outro com microcápsulas luminescentes. Foram utilizados misturados com microcápsulas, dois vernizes especiais para serigrafia, um base d'água e um base de solvente.

3.2 TÉCNICAS DE APLICAÇÃO

A Tabela 1 apresenta a técnica de aplicação de serigrafia, o tipo de microcápsula e o suporte utilizado e a Tabela 2, a técnica de aplicação de impregnação, o tipo de microcápsula e o suporte utilizado.

Tabela 1: Aplicações por serigrafia das microcápsulas de acordo com os suportes

Técnica	Tipo de microcápsula	Suportes	
Serigrafia	Aromática	Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	Algodão, poliéster
		Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	Algodão, poliéster
		Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	Algodão, poliéster
		Verniz base solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	Algodão, poliéster
		Verniz industrial de baunilha	Algodão, poliéster
	Luminescente	Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas	Algodão, poliéster
		Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas	Algodão, poliéster
		Verniz industrial fosforocromico	Algodão, poliéster

Tabela 2: Aplicações por impregnação com água + resina e com água das microcápsulas de acordo com os suportes

Técnica	Tipo de microcápsula		Suportes
Impregnação com água + resina	Aromática	Microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	Algodão e poliéster
		Microcápsulas poliméricas de erva-doce	Algodão e poliéster
Impregnação com água		Microcápsulas cerâmicas de algas marinhas	Algodão e poliéster
		Microcápsulas poliméricas de erva-doce	Algodão e poliéster

3.2.1. Serigrafia

Para a realização das aplicações serigráficas foram selecionadas três tipos de formas: as duas primeiras são de baixa complexidade, (círculo e estrela) e uma forma mais complexa, que apresenta diferentes espessuras e traços (símbolo do LdSM), Figura 15.

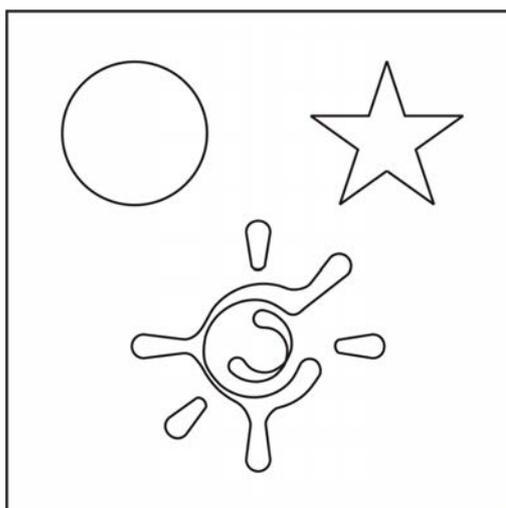


Figura 15: Desenho das formas para posterior recorte a laser

As aplicações em serigrafia foram feitas utilizando uma tela (matriz) de 55 fios, conforme Figura 5, na qual foi fixado um estêncil de papel jornal, recortado a laser (equipamento modelo Mira da Automatiza Sistemas®, laser ativo de fonte CO₂), nas formas selecionadas.

Foram utilizadas para essa técnica dois tipos de microcápsulas aromáticas (cerâmica e polimérica) e dois tipos de microcápsulas luminescentes, uma com casca cerâmica e outra industrial³. Para a visualização das microcápsulas luminescentes foi utilizada uma Luz Ultra Violeta da Marca Golden com potência de 25 W, tensão de 220 V, frequência de 50/60 Hz, Fator de Potência $\geq 0,5$.

Os suportes selecionados para essa técnica foram o tecido algodão, o tecido poliéster (nome comercial Oxford), as amostras utilizadas tinham aproximadamente 10 cm x 10 cm. Foram preparadas misturas contendo aproximadamente 20 g de verniz serigráfico (base solvente e base d'água) e aproximadamente 1,5 g de cada tipo de microcápsulas. Aproximadamente 15 g de cada mistura foram vertidas sobre a tela com a utilização de um rodo e aplicadas nos suportes, de acordo com a Tabela 1, conforme a técnica já descrita no referencial teórico por Fonseca (2008).

3.2.2 Impregnação

Foi selecionada a técnica de impregnação em meio aquoso. Adaptou-se o processo de tingimento de tecidos por esgotamento, descrito por Salem (2010), utilizando-se também a adição de resina acrílica ao banho, com o objetivo de aumentar a fixação e durabilidade, conforme já utilizado por Holme (2007) e Monllor, Bonnet e Cases (2007).

- **Impregnação com água + resina**

Foram utilizadas 20 amostras de aproximadamente 3 cm x 3 cm de cada suporte, tecido algodão e tecido poliéster. Foi preparada em um Becker de 1000 mL uma solução aquosa contendo 540 mL de água deionizada, 60 g de resina acrílica comercial, contendo aproximadamente 3 g de microcápsulas aromáticas de casca cerâmica com essência de frutas vermelhas, processo adaptado de Monllor, Bonet e Cases (2007). O mesmo procedimento foi realizado com as microcápsulas aromáticas de casca polimérica de erva-doce.

³ Tipo de verniz com microcápsulas produzido industrialmente e encontra-se disponível no mercado.

Os tecidos foram mergulhados todos juntos na solução e agitados com uma rotação de 120 rpm, em um agitador mecânico (Fisatom 713D).

Os tecidos foram impregnados com microcápsulas primeiramente, Teste A, durante 15 min, 30 min, 1 h, 2 h e, posteriormente, Teste B, 4 h, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Tempos de impregnação com água + resina, tipos de suportes e microcápsulas

Tipo de tecido		Algodão		Poliéster	
Tempo de aplicação		Tipo de microcápsula			
A	15 min	Aromáticas de casca cerâmica com essência de frutas vermelhas	Aromáticas de casca polimérica de erva-doce	Aromáticas de casca cerâmica com essência de frutas vermelhas	Aromáticas de casca polimérica de erva-doce
	30 min				
	1 h				
	2 h				
B	4 h				

Foi feita primeiramente (Teste A), uma impregnação durante 2 h com 40 amostras (20 de algodão e 20 de poliéster). Foram retiradas 5 amostras de cada tecido (algodão e poliéster) após intervalos de tempo determinados, 15 min, 30 min, 1 h e 2 h.

Separadamente (Teste B), 10 amostras (5 de algodão e 5 de poliéster) contendo a mesma composição de solução foram impregnadas durante um período ininterrupto de 4 h. Após a impregnação, as amostras foram postas para secagem em um dessecador (ARSEC) por aproximadamente 24 h, para posterior análise ao MEV.

- **Impregnação com água**

Foram utilizadas 18 amostras de aproximadamente 3 cm x 3 cm de cada suporte, tecido algodão e tecido poliéster. Foi preparada em um Becker de 1000 mL uma solução aquosa contendo 600 mL de água deionizada e aproximadamente 3 g de microcápsulas aromáticas de casca cerâmica com essência de algas marinhas e de casca polimérica com essência de erva-doce, todas produzidas no LdSM/UFRGS.

Os tecidos foram mergulhados todos juntos na solução e agitados com uma rotação de 200 rpm, em um agitador mecânico (Fisatom 713D).

Os tecidos foram impregnados com microcápsulas durante 2 h, 4 h e 24 h, conforme Tabela 4.

Tabela 4: Tempos de impregnação com água, tipos de suportes e microcápsulas

Tipo de tecido	Algodão		Poliéster	
Tempo de aplicação	Tipo de microcápsula			
2 h	microcápsulas aromáticas de casca cerâmica com essência de algas marinhas	casca polimérica com essência de erva-doce	microcápsulas aromáticas de casca cerâmica com essência de algas marinhas	casca polimérica com essência de erva-doce
4 h				
24 h				

O processo de agitação durou 24 h com as 18 amostras de cada tecido (algodão e poliéster). Foram retiradas 6 amostras de cada tecido (algodão e poliéster) após intervalos de tempo determinados, 2 h, 4 h e 24 h. Após a impregnação, as amostras foram postas para secagem em um dessecador (ARSEC) por aproximadamente 24 h, para posterior análise ao MEV.

3.3 TESTE DE DURABILIDADE

O teste de durabilidade selecionado foi feito mediante a adaptação da NBR ISO 105-C06:2010, norma que testa a solidez da cor à lavagem doméstica e comercial.

Primeiramente foi preparada uma solução de 4 g de sabão líquido para roupas, de uso doméstico, para 1000 mL de água deionizada. Foram lavadas, duas amostras de tecido por vez, 1 de cada suporte (algodão e poliéster), submergidas em 100mL da solução de água e sabão.

As amostras foram colocadas em um Becker de 1000mL com a solução (100 mL) e agitadas em um agitador mecânico (Fisatom 713D) com uma rotação de 40 rpm (+ ou -2), durante um ciclo de 45 min, simulando ensaios múltiplos que correspondem a aproximadamente até 5 ciclos de lavagens domésticas ou comerciais.

Após cada ciclo de lavagem, as amostras foram postas para secagem em uma estufa com a temperatura de até 50 °C, totalizando 6 ciclos, o que corresponde a aproximadamente 30 lavagens domésticas ou comerciais. Ao final de cada ciclo e secagem, as amostras foram analisadas ao MEV. O número de ciclos de lavagem foi baseado em uma aproximação entre os 4 ciclos utilizados por Cruz et. al (2011) e os 10 ciclos de Monllor, Bonet e Cases (2007).

A seguir, na Figura 16, são apresentadas as marcas feitas nas amostras de algodão e poliéster impressas em serigrafia e na Figura 17, amostras de algodão e poliéster com impregnação.

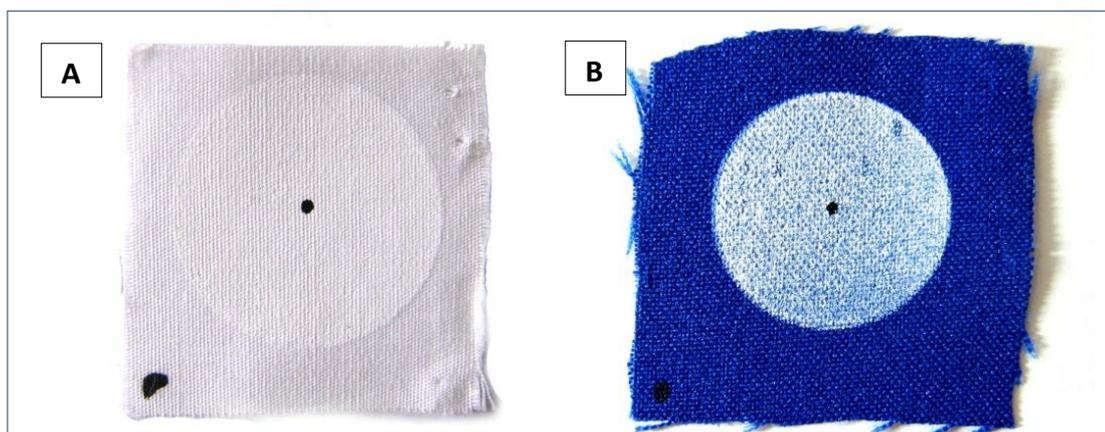


Figura 16: Área de referência delimitada para análise nas amostras – serigrafia (A) algodão e (B) poliéster.

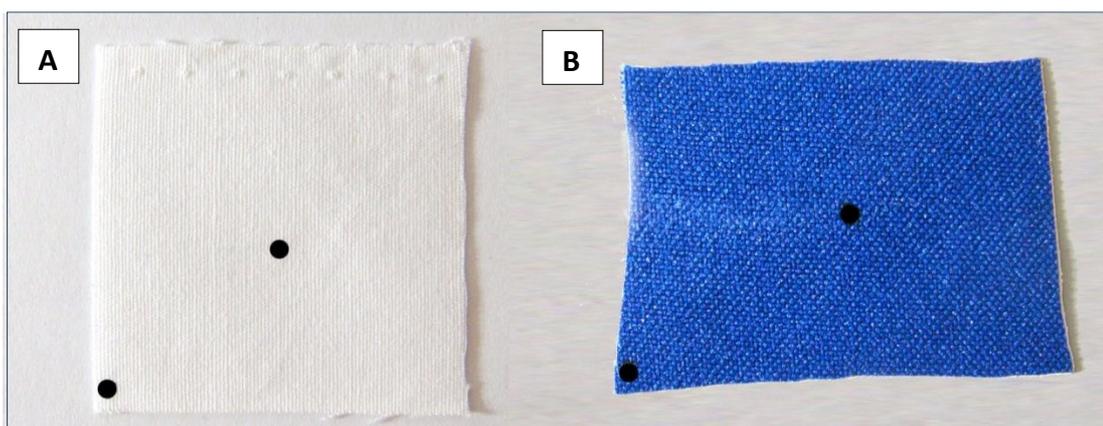


Figura 17: Área de referência delimitada para análise nas amostras – impregnação (A) algodão e (B) poliéster.

As marcas foram colocadas nas amostras com esmalte preto para unhas, para servir de referência para as análises ao MEV nos tecidos com aplicações (serigrafia e impregnação) de microcápsulas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Suportes

Os tecidos utilizados como suportes são algodão e poliéster. As tramas de tecido plano quando observadas ao MEV nas Figuras 9 e 10 mostram as diferenças determinadas pela natureza do material que as compõe. No algodão, elas se apresentam mais achatadas e irregulares, devido ao seu método de obtenção, feito a partir de fibras naturais (SALEM, 2010 e ACIMIT, 2000). As fibras de poliéster são produzidas artificialmente (JONES, 2005), sendo assim, possuem uma formação mais regular. As imagens obtidas no MEV foram importantes para a observação destas diferenças nas disposições das fibras dos materiais submetidos às aplicações.

4.1.2 Microcápsulas e vernizes

As Figuras 18, 19 e 20, apresentam as imagens ao MEV das microcápsulas puras. A Figura 18 mostra a distribuição das microcápsulas aromáticas de casca cerâmica de frutas vermelhas, Figura 18 (A) e algas marinhas, Figura 18 (B).

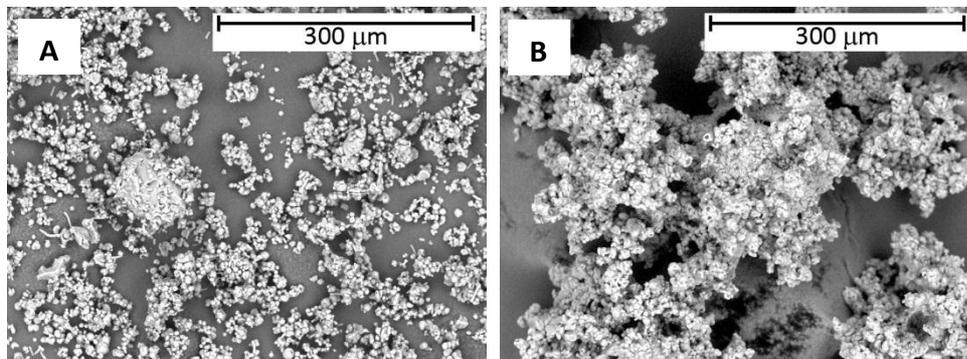


Figura 18: (A) microcápsulas aromáticas de casca cerâmica de frutas vermelhas e (B) microcápsulas aromáticas de casca cerâmica de algas marinhas. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300

Analisando as imagens obtidas no MEV das microcápsulas de casca cerâmica, pôde-se observar seu formato irregular e a formação de grumos de microcápsulas, o que pode dificultar a aplicação uniforme no suporte. Observa-se também que visualmente as

microcápsulas apresentam um comportamento parecido, independente do aroma encapsulado.

A Figura 19, respectivamente, apresenta as microcápsulas aromáticas de casca polimérica de frutas vermelhas e de erva-doce.

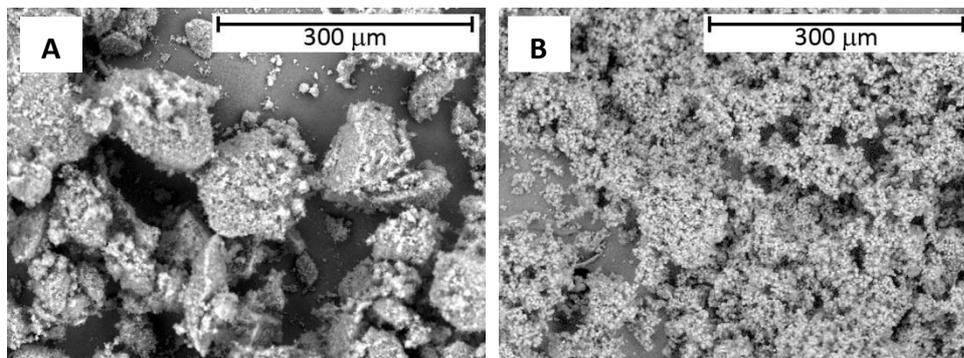


Figura 19: (A) microcápsulas aromáticas de casca polimérica de frutas vermelhas e (B): microcápsulas aromáticas de casca polimérica de erva-doce. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300

Ao analisar as imagens obtidas no MEV das microcápsulas de casca polimérica, pôde-se observar seu formato esférico e regular e também a formação de grumos de microcápsulas. Observa-se também que visualmente as microcápsulas de frutas vermelhas tendem a formar mais grumos que as de erva-doce.

A Figura 20, apresenta as microcápsulas luminescentes de casca cerâmica.

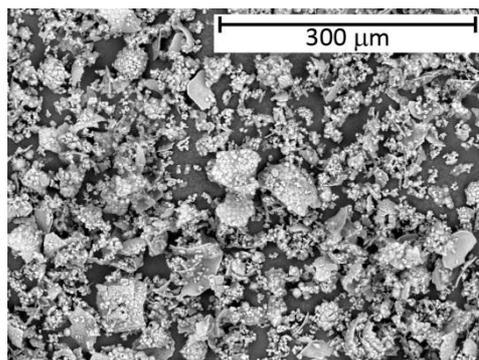


Figura 20: microcápsulas luminescentes de casca cerâmica. Imagem de MEV, parâmetro de operação X300

Na imagem obtida no MEV da microcápsulas de casca cerâmica luminescente, observa-se o mesmo comportamento das outras microcápsulas de casca cerâmica apresentadas na Figura 18, ou seja, apresentam formato irregular e a formação de grumos.

A Figura 21 apresenta as imagens de MEV dos vernizes industriais com microcápsulas aromáticas de baunilha e microcápsulas luminescente fosforômica, respectivamente.

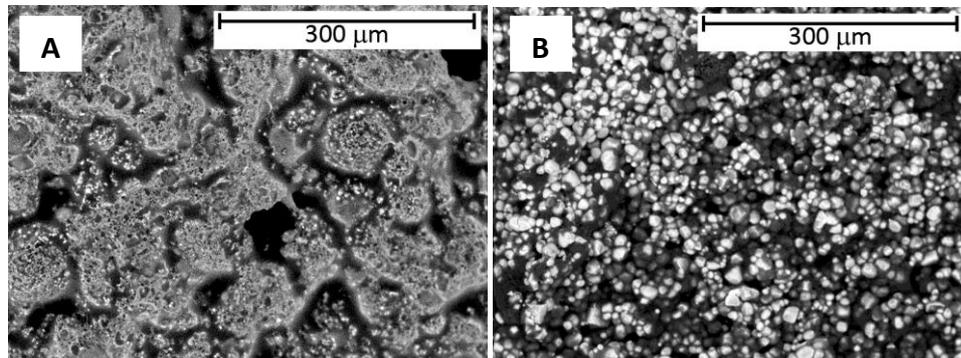


Figura 21: (A) Verniz industrial com microcápsulas aromáticas de baunilha e (B) Verniz industrial fosforômico. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300

Ao analisar as imagens obtidas no MEV do verniz industrial com microcápsulas, pôde-se observar que o verniz proporciona que a microcápsula se distribua mais uniformemente na superfície, fator que pode resultar em uma melhora na aplicação e distribuição nos suportes.

A Figura 22 mostra a distribuição das microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, misturadas em verniz base d'água e verniz base solvente respectivamente.

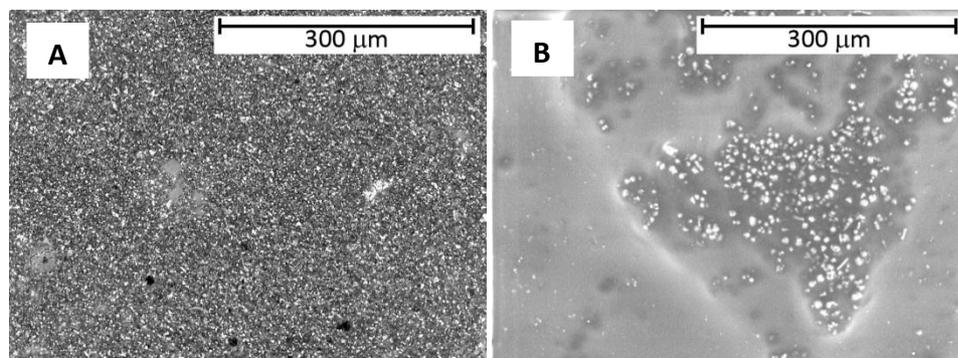


Figura 22: (A) Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas e (B) verniz base solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300

Nas imagens obtidas no MEV dos vernizes misturados com microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, observa-se a diferença que o tipo de verniz imprime à distribuição das microcápsulas na substância. O verniz base d'água proporciona uma distribuição mais uniforme das microcápsulas na solução, no caso do verniz base solvente

quando combinado com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas são formados aglomerados de microcápsulas.

A Figura 23 apresenta a distribuição das microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas em verniz base d'água e verniz base de solvente respectivamente.

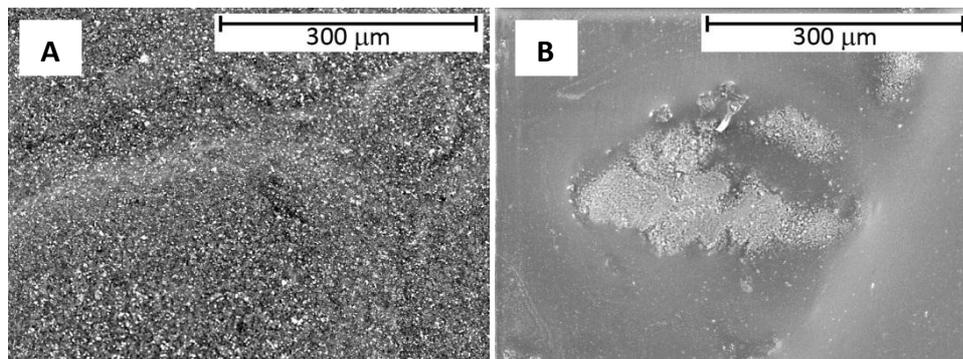


Figura 23: (A) Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas e (B) Verniz base solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300

Analisando as imagens obtidas no MEV das misturas de verniz base d'água e base solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas, pôde-se que independente do tipo de microcápsula misturada, ocorreu a repetição da distribuição de microcápsulas na solução, ou seja, o verniz base d'água proporciona uma distribuição uniforme das microcápsulas na solução e a mistura com o verniz base solvente ocasiona a formação de aglomerados de microcápsulas.

A Figura 24 apresenta a distribuição das microcápsulas cerâmicas luminescentes em verniz base d'água e verniz base de solvente respectivamente.

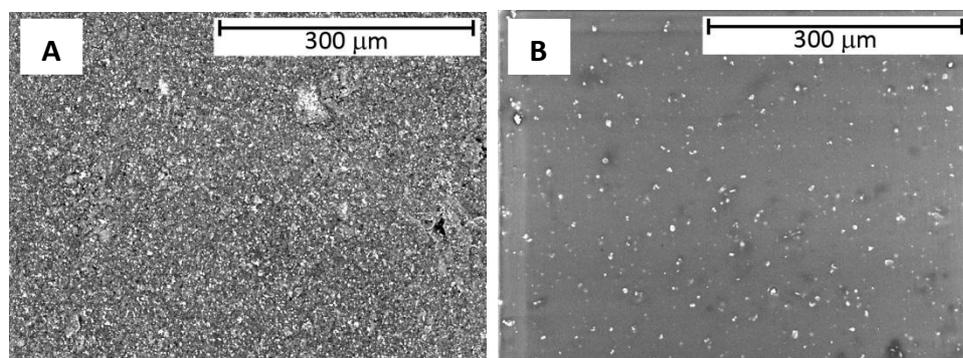


Figura 24: (A) verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas luminescentes e (B) verniz base de solvente com microcápsulas cerâmicas luminescentes. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300

Com a análise das imagens obtidas no MEV das microcápsulas cerâmicas luminescentes misturadas com verniz base d'água e base solvente, observa-se um comportamento distinto dos outros dois tipos de microcápsulas aromáticas. Tanto quando combinadas com verniz base d'água, ou quando combinadas com verniz solvente, as microcápsulas luminescentes encontram-se distribuídas uniformemente na solução.

Analisando as imagens obtidas no MEV das microcápsulas, pôde-se observar seus formatos, tamanhos, bem como as maneiras como são dispersas nas soluções, essa observação é importante pois consegue-se visualizar como as microcápsulas se distribuem puras e quando misturadas, fator que pode ser determinante para uma aplicação uniforme nos suportes. O verniz base d'água proporciona uma distribuição mais uniforme das microcápsulas na solução, no caso do verniz base solvente quando combinado com microcápsulas cerâmicas e poliméricas de frutas vermelha são formados aglomerados de microcápsulas, o que não ocorre quando misturados com microcápsulas cerâmicas luminescentes, pois elas distribuem-se mais dispersas na substância, mas de maneira regular, sem formar aglomerações. Dessa maneira, pôde-se observar que os vernizes influenciam no modo como as microcápsulas se organizam.

Observou-se também, conforme Figura 25, a mudança na consistência dos vernizes quando armazenados. A Figura 25 (A) mostra a consistência da adição das microcápsulas ao verniz logo após a mistura e a Figura 25 (B), apresenta a consistência da mistura após 14 dias.

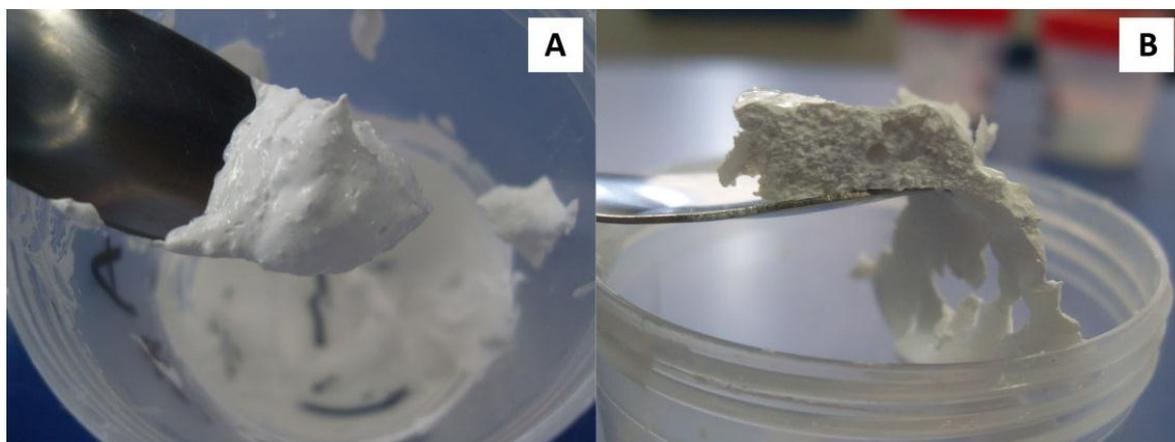


Figura 25: Consistência da mistura de verniz com microcápsulas cerâmicas aromáticas (A) logo após a mistura e (B) após quatorze dias de armazenamento

Observa-se na Figura 25 (A) a consistência do verniz logo após a mistura com microcápsulas. A Figura 25 (B) indica a alteração na consistência da mistura, conforme FT-IR da Figura 27 (C), há a indicação de evaporação de parte da água adicionada ao verniz a base d'água. No caso observado onde, o verniz foi armazenado em temperatura média de 22° C e umidade do ar média de 40%, ao longo do tempo e analisado após quatorze dias, apresentou mudança na consistência, adquirindo aspecto sólido, o que impossibilita a aplicação, sendo assim é recomendável que a aplicação seja feita logo após a mistura da microcápsula no verniz ou manter a mistura herméticamente fechada. Para um melhor entendimento do comportamento das misturas, foi feita uma análise de FT-IR dos vernizes (base d'água e solvente) misturados com microcápsulas aromáticas (cerâmica e polimérica).

Na Figura 26, são apresentados os resultados do FT-IR do verniz base d'água com microcápsulas poliméricas aromáticas, na Figura 27, são apresentados os resultados do FT-IR do verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas aromáticas, na Figura 28, são apresentados os resultados do FT-IR do verniz solvente com microcápsulas poliméricas, na Figura 29, são apresentados os resultados do FT-IR do verniz solvente com microcápsulas cerâmicas aromáticas.

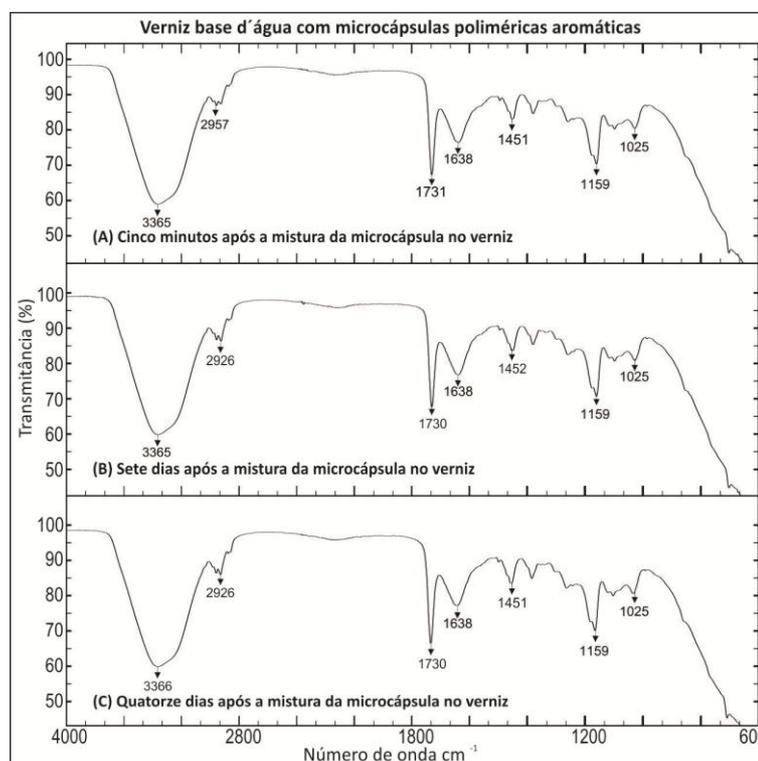


Figura 26: FT-IR do verniz base d'água com microcápsulas poliméricas aromáticas

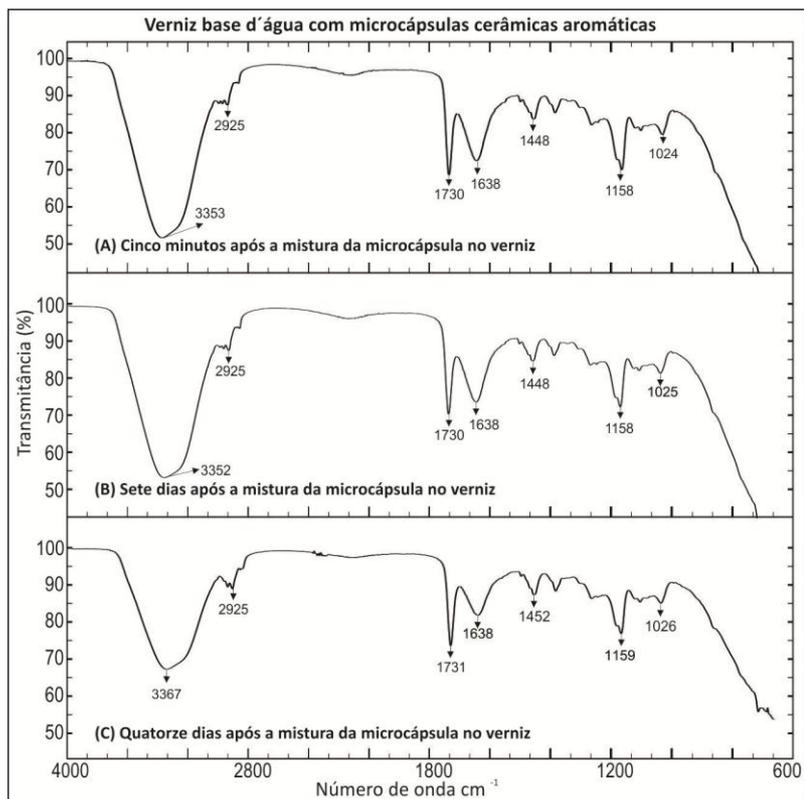


Figura 27: FT-IR do verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas aromáticas

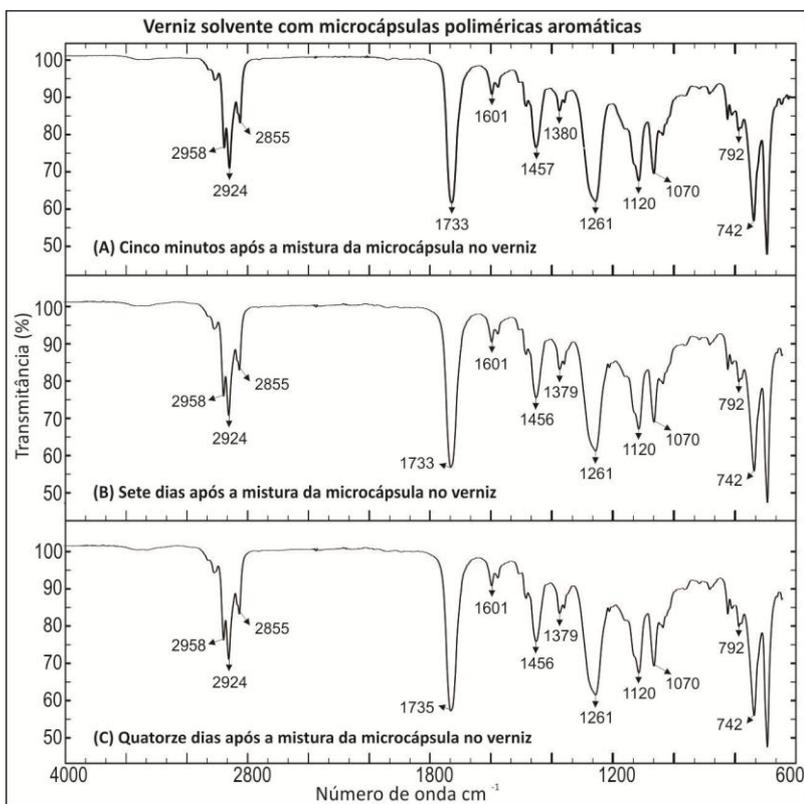


Figura 28: FT-IR do verniz solvente com microcápsulas poliméricas aromáticas

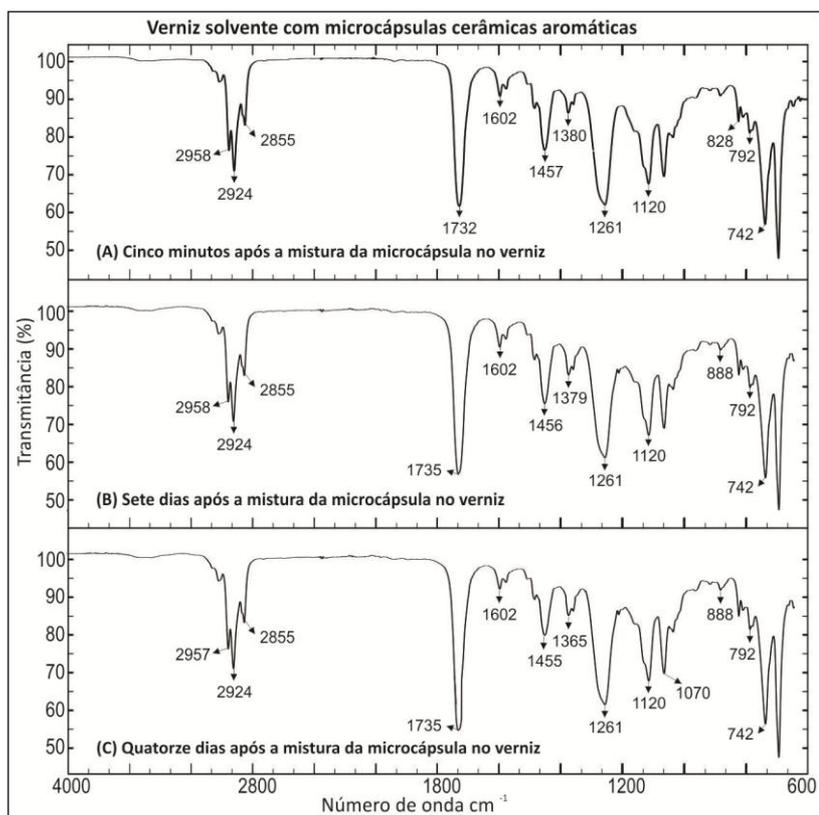


Figura 29: FT-IR do verniz solvente com microcápsulas cerâmicas aromáticas

Ao analisar os espectros de FT-IR, observou-se que, comparando-se os resultados das amostras, logo após as misturas de microcápsulas aromáticas poliméricas e cerâmicas respectivamente no verniz base d'água, Figura 26 (A) e Figura 27 (A) e os depois do armazenamento, Figura 26 (B, C) e Figura 27 (B, C), não ocorreram alterações significativas no espectro do verniz, sugerindo degradação ou alteração da composição química das microcápsulas adicionadas ao verniz, tanto quando misturado com microcápsulas aromáticas poliméricas quando com microcápsulas aromáticas cerâmicas.

O mesmo padrão também observado nos espectros de FT-IR apresentados nas Figuras 28 (A) e 29 (A), que apresenta os resultados logo após as misturas de microcápsulas aromáticas poliméricas e cerâmicas respectivamente no verniz base solvente, nas Figuras 28 (B, C) e 29 (B, C) depois do armazenamento. Constatou-se também que não ocorreram alterações relevantes no espectro do verniz, tanto quando misturado com microcápsulas aromáticas poliméricas quando com microcápsulas aromáticas cerâmicas. Pode-se considerar que com as comparações efetuadas que os solventes não sofreram mudanças em

sua estrutura química ao longo do tempo, sendo assim, as alterações ocorridas foram apenas na consistência dos vernizes que continham as microcápsulas.

4.2 APLICAÇÕES DE MICROCÁPSULAS EM DIFERENTES SUPORTES

4.2.1 Serigrafia

A Figura 30 apresenta o resultado do corte a laser das formas da Figura 15.

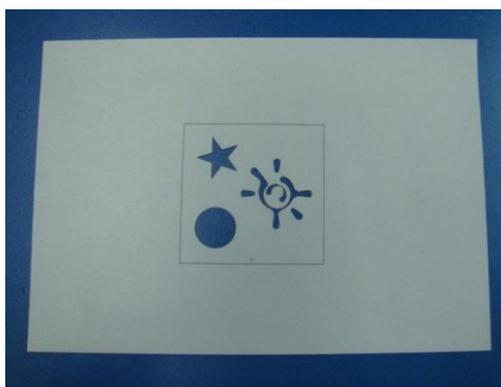


Figura 30: Papel jornal cortado a laser nas formas selecionadas

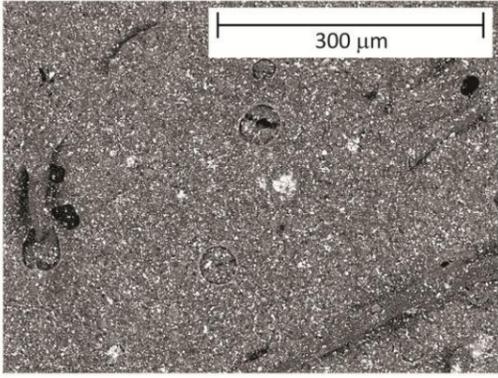
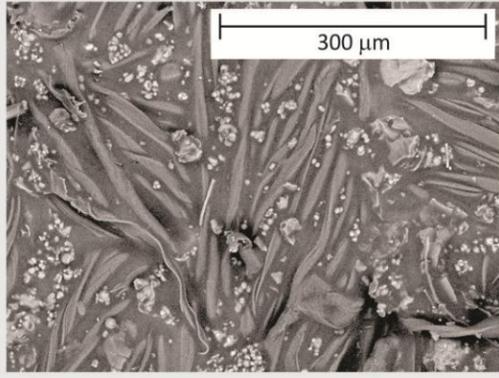
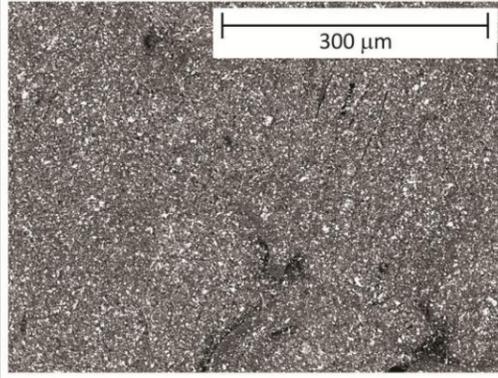
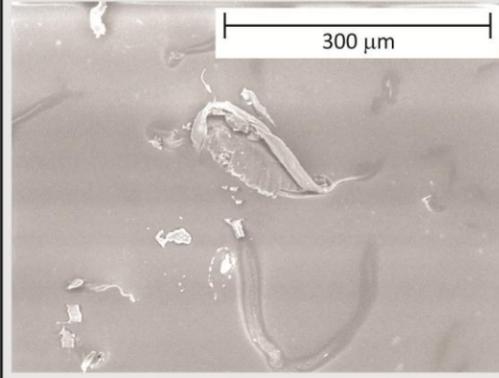
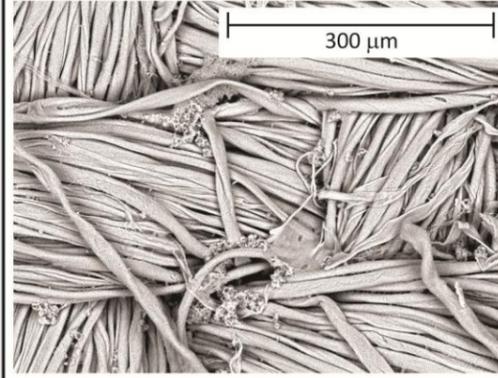
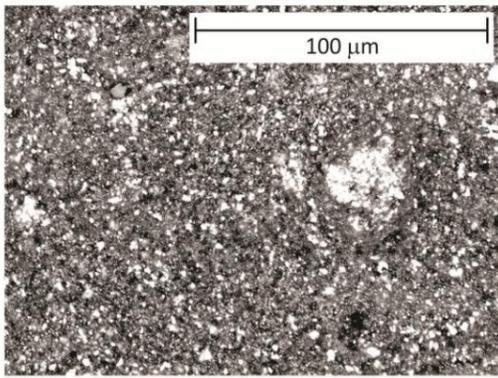
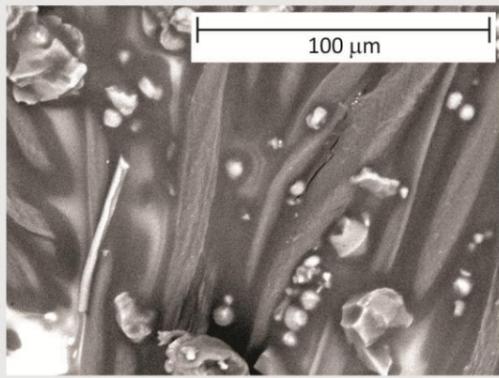
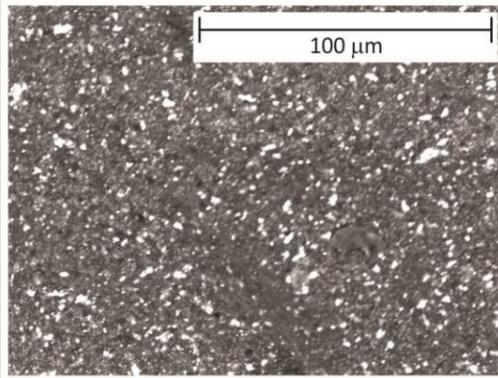
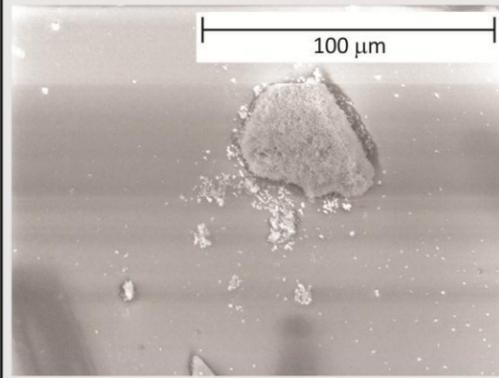
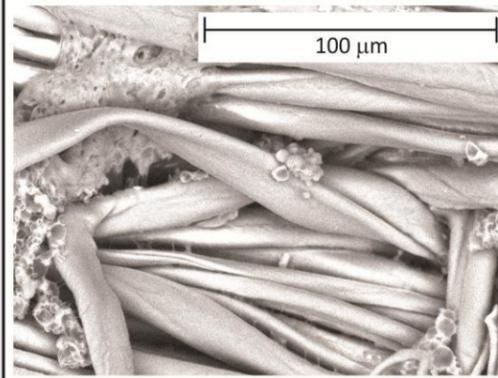
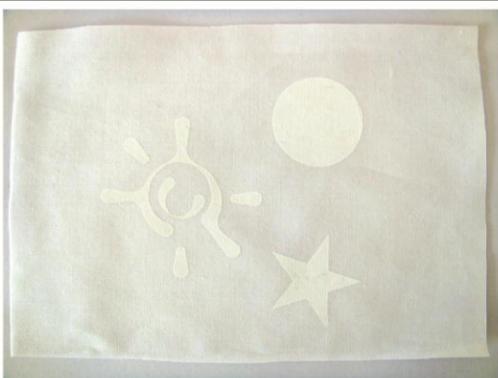
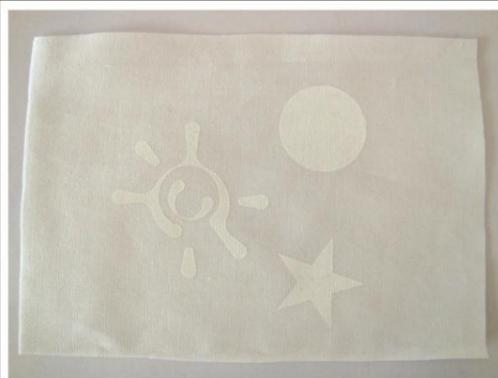
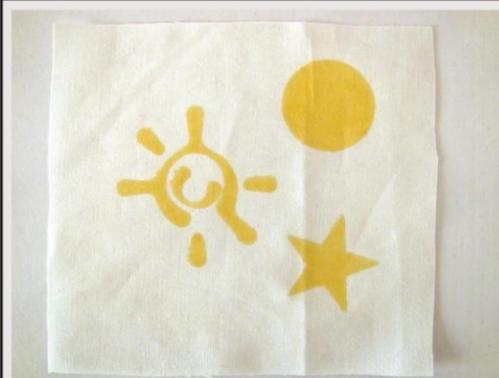
O material selecionado para o estêncil, o papel jornal, conjuntamente com a técnica selecionada para corte, laser, mostraram-se adequados aos propósitos das aplicações serigráficas. A união do material com a técnica resultou em um recorte com ótimo acabamento, pois propiciou uma boa delimitação das formas, quando impressas, tanto nas formas mais simples, o círculo e a estrela, quanto na de maior complexidade, o símbolo do LdSM/UFRGS.

Os Quadros 1 a 4 mostram as aplicações, seu aspecto visual e o MEV com ampliações de X300 e X1000, com o objetivo de avaliar a presença de microcápsulas em áreas de imagens similares.

Nos Quadros 1 e 2 apresentam-se os resultados de MEV e o aspecto visual das aplicações em serigrafia das microcápsulas aromáticas em tecido algodão e poliéster respectivamente.

No Quadro 1 e 4, observa-se os resultados de MEV e aspecto visual das aplicações em serigrafia das microcápsulas luminescentes em tecido algodão e poliéster respectivamente.

Quadro 1: Resultados das aplicações em serigrafia das microcápsulas aromáticas em tecido algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000 e aspecto visual.

Serigrafia - Algodão - Aromáticas					
	(A) Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	(B) Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	(C) Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	(D) Verniz solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	(E) Verniz industrial com aroma de baunilha
X300					
X1000					
Aspecto visual					

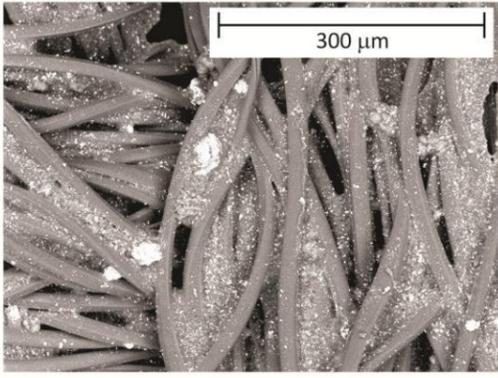
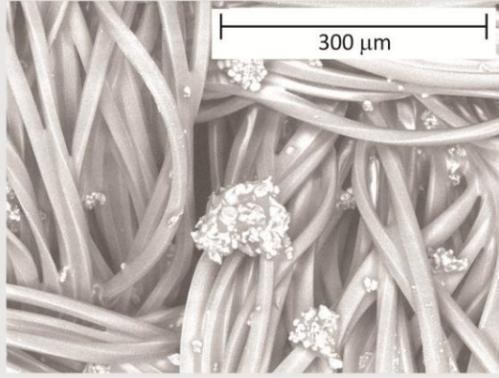
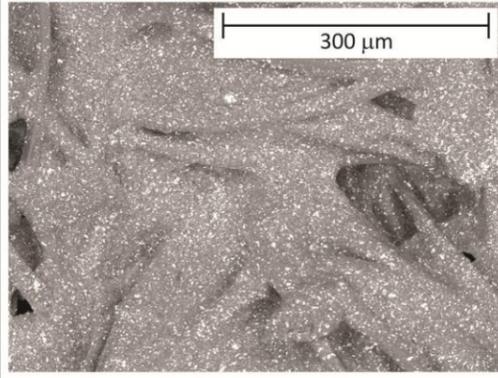
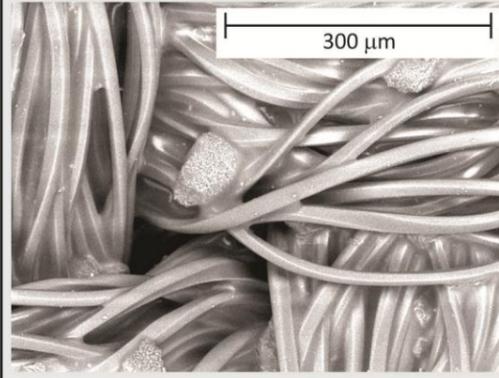
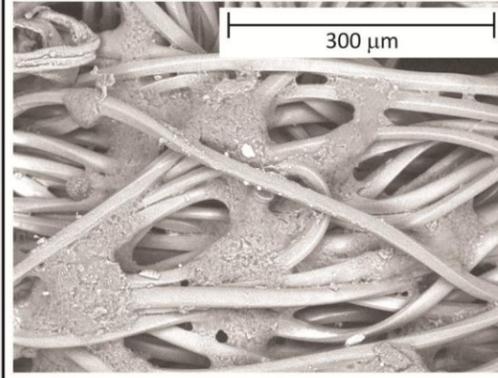
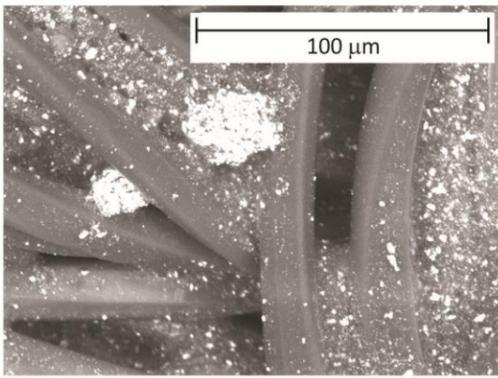
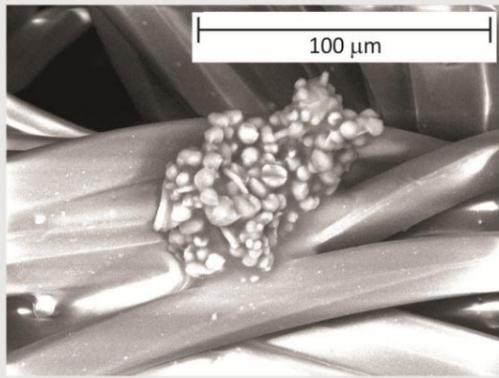
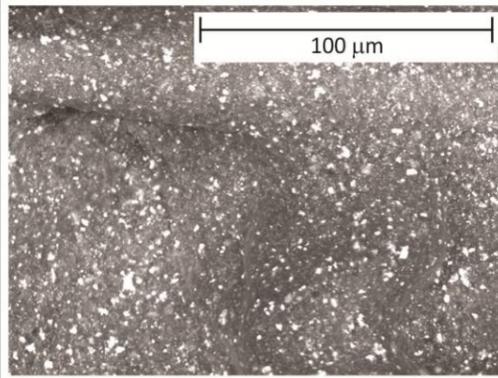
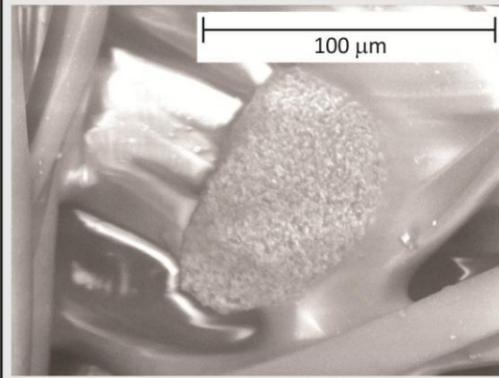
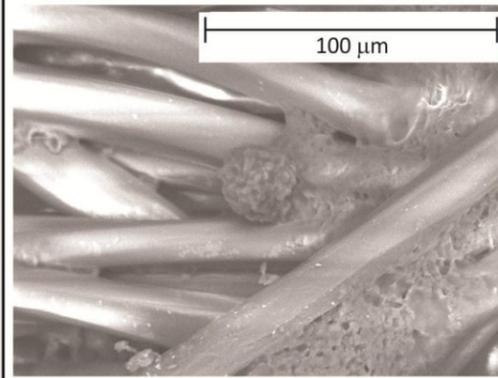
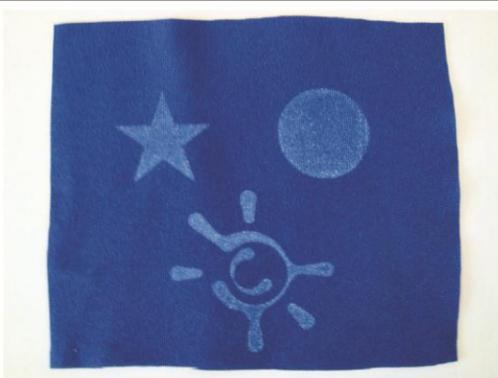
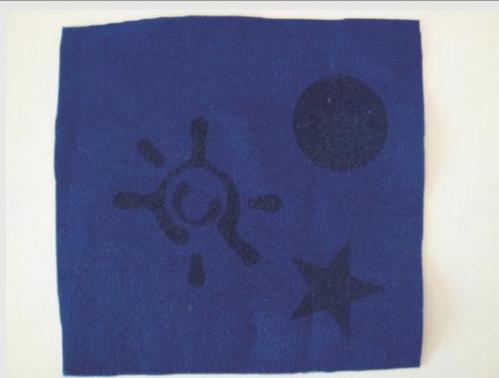
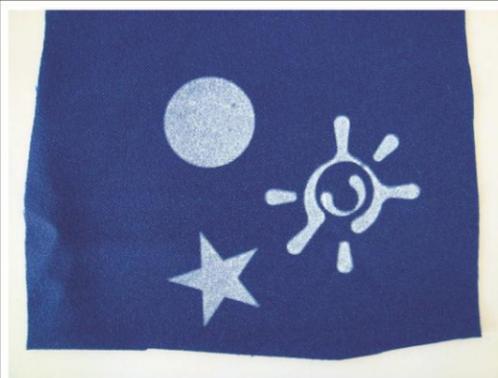
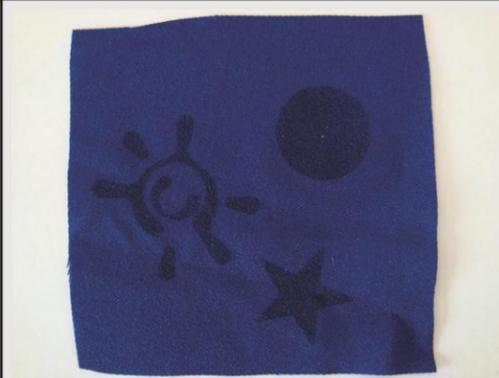
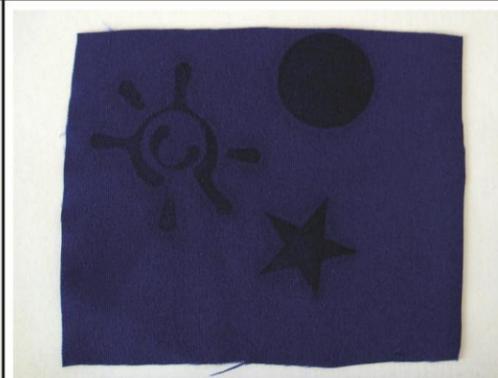
- **Tecido algodão – aromáticas**

No Quadro 1, nos parâmetros de operação X300 e X1000, observa-se a presença uniforme de microcápsulas na maioria das aplicações em algodão. Três das cinco amostras obtiveram presença uniforme de microcápsulas: Quadro 1 (A) verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 1 (B) verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas e Quadro 1 (C) verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas. Quanto ao aspecto visual todas as microcápsulas apresentaram um bom acabamento, ou seja, cobertura do verniz sem imperfeições. Na aplicação de verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 1 (A), o verniz cobriu a amostra uniformemente, o que ocasionou inclusive, a dificuldade da visualização das fibras do tecido. Considerou-se a aplicação satisfatória e a amostra foi selecionada para ser submetida ao teste de durabilidade.

A amostra em que foi aplicado o verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 1 (B), mostrou microcápsulas nas fibras entrelaçadas do tecido. Neste caso, a combinação de verniz com microcápsulas cerâmicas foi fator determinante para a fixação, visto que o mesmo verniz com microcápsulas poliméricas não apresentou o mesmo resultado quanto a presença uniforme de microcápsulas no suporte.. Considerou-se a aplicação satisfatória e a amostra foi selecionada para ser submetida para ao teste de durabilidade.

A aplicação de verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas, Quadro 1 (C), também cobriu a amostra uniformemente, ocasionando assim como na amostra de microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas com verniz base d'água, Quadro 1 (A), a dificuldade da visualização das fibras do tecido, sinalizando esta como uma característica do verniz. Considerou-se a aplicação satisfatória e a amostra foi selecionada para ser submetida para ao teste de durabilidade. As amostras de verniz solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas e de verniz industrial de baunilha, Quadro 1 (D e E), não apresentaram resultados satisfatórios, devido a presença em áreas isoladas das microcápsulas nas amostras, não obtendo assim uma cobertura uniforme, dessa maneira estas amostras por serem consideradas insatisfatórias não foram submetidas aos testes de durabilidade.

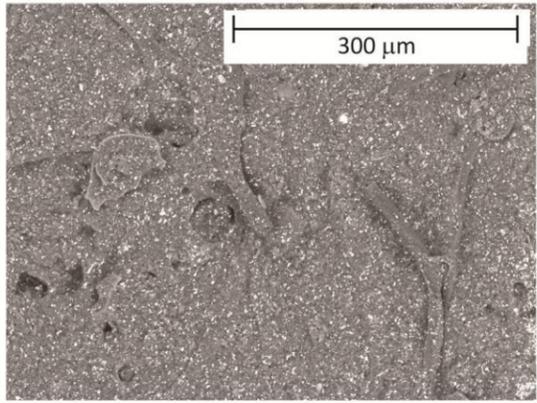
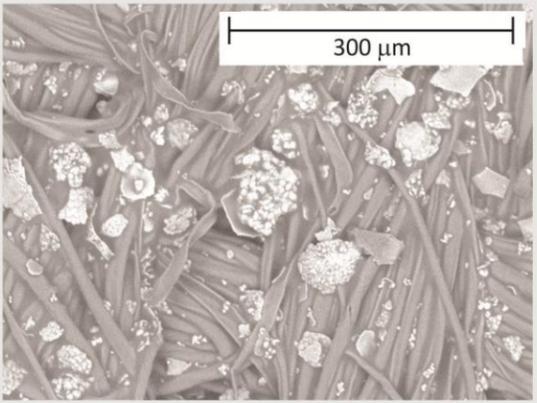
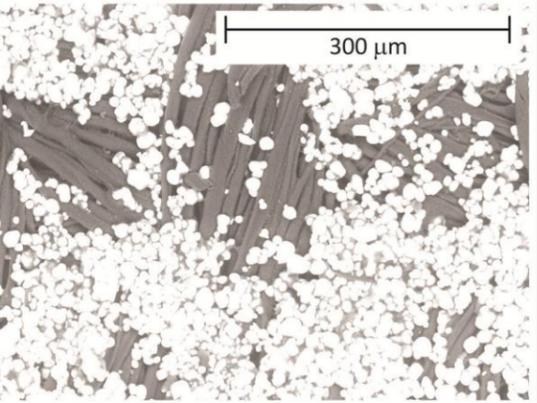
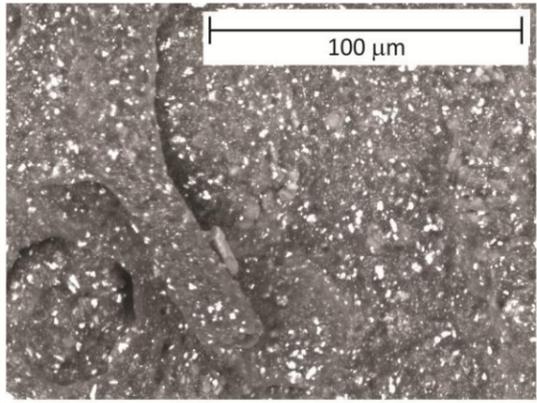
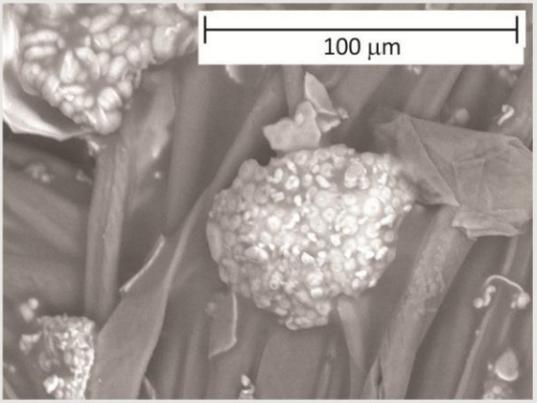
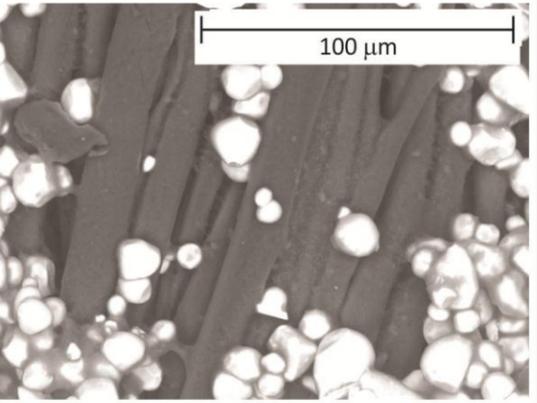
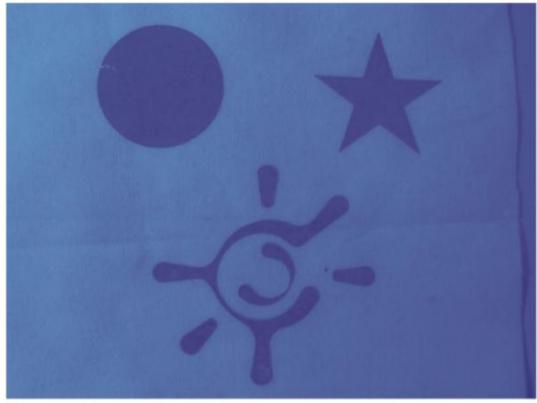
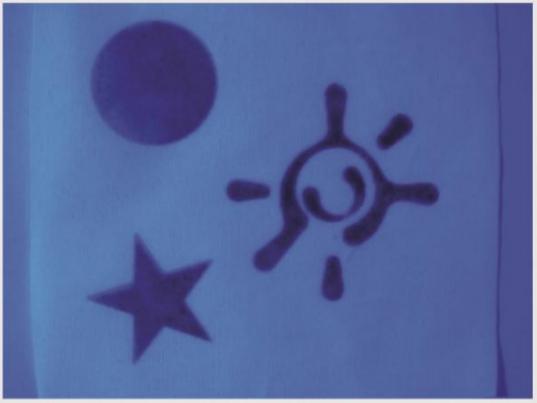
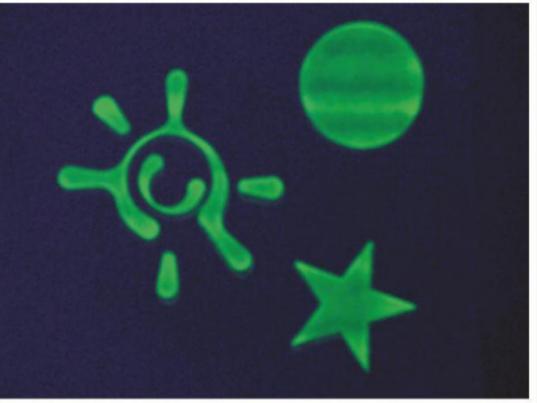
Quadro 2: Resultados das aplicações em serigrafia das microcápsulas aromáticas em tecido poliéster. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000 e aspecto visual.

Serigrafia - Poliéster - Aromáticas					
	(A) Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	(B) Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	(C) Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	(D) Verniz solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	(E) Verniz industrial com aroma de baunilha
X300					
X1000					
Aspecto visual					

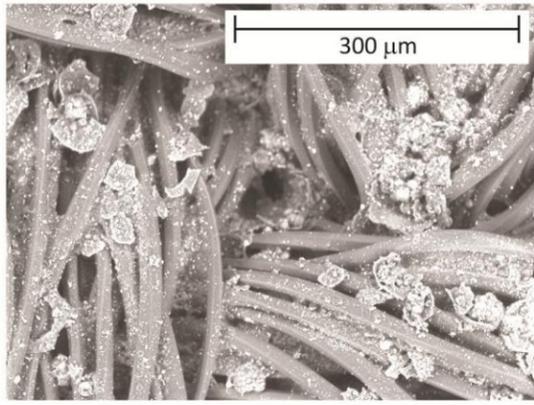
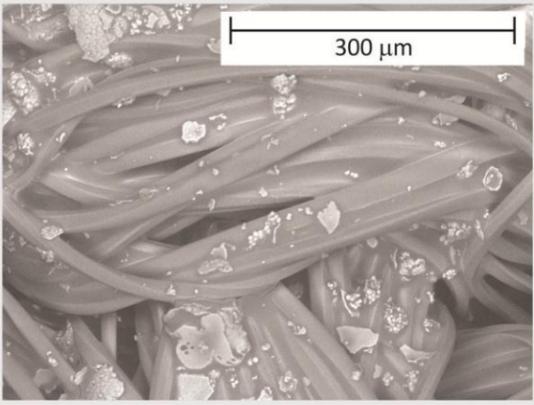
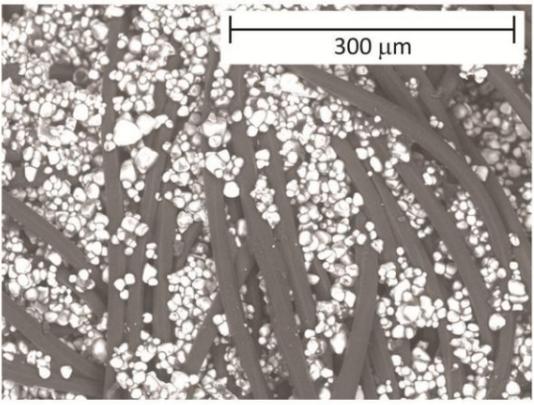
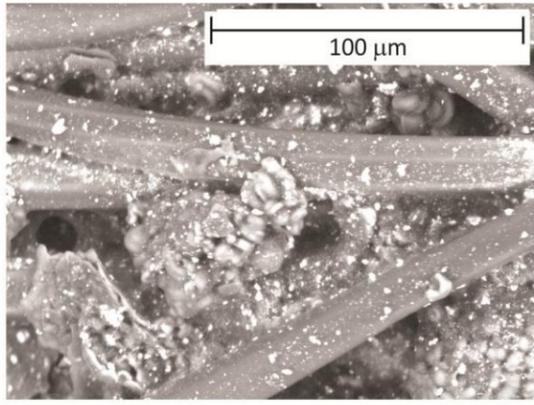
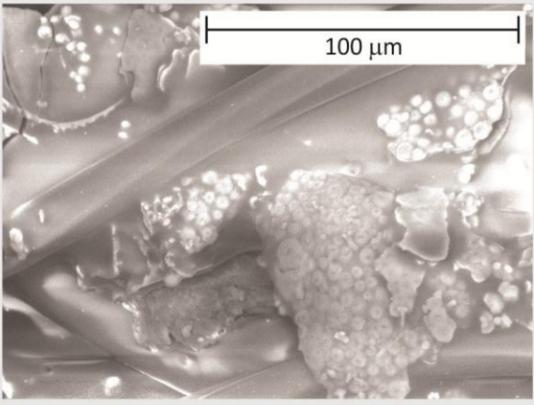
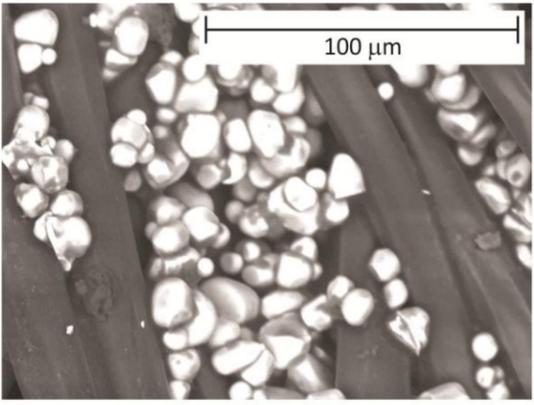
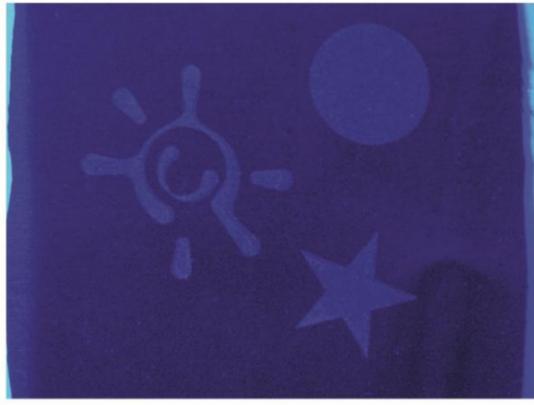
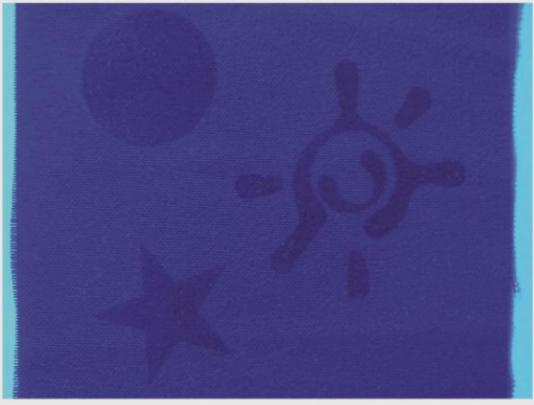
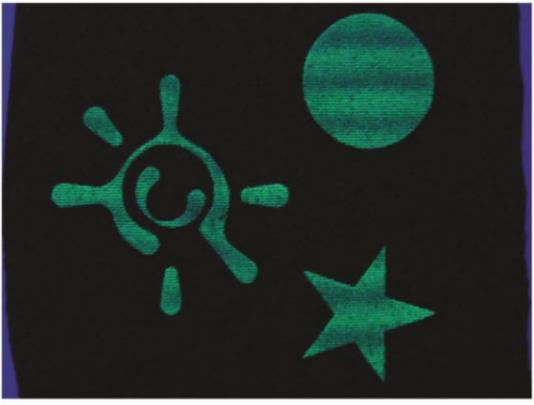
- **Tecido poliéster – aromáticas**

Ao analisar o Quadro 2, nos parâmetros de X300 e X1000, observa-se a presença uniforme e efetiva de microcápsulas na maioria das aplicações em tecido poliéster. Três das cinco amostras obtiveram essa presença efetiva: verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 2 (A), verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 2 (B) e verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas, Quadro 2 (C), repetindo os resultados já verificados no algodão. Quanto ao aspecto visual todas as microcápsulas apresentaram também uma cobertura uniforme e sem imperfeições, ou seja, bom acabamento. Na aplicação de verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas em poliéster, Quadro 2 (A), o verniz reagiu de maneira diferente com as fibras do tecido em relação à mesma aplicação feita em algodão, isso pode ter acontecido devido ao material ser de natureza diferente. Quadro 1 (A), não as cobrindo, mas penetrando entre elas e depositando as microcápsulas entre e sobre as fibras. Considerou-se a aplicação satisfatória e a amostra foi selecionada para o teste de durabilidade, oportunidade para verificar se o entrelaçamento com as fibras terá relevância quanto a resistência às lavagens. Na amostra em que foi aplicado o verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 2 (B), identificou-se a presença de microcápsulas agrupadas, também depositadas sobre e entre as fibras do tecido, resultado diferente da aplicação com o mesmo tipo de verniz com microcápsulas em algodão, Quadro 1 (B). Considerou-se a aplicação satisfatória e a amostra foi selecionada para ser submetida para ao teste de durabilidade. A aplicação de verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas, Quadro 2 (C), também cobriu a amostra uniformemente, mas, assim como a amostra de microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas com verniz base d'água, Quadro 1 (C), houve dificuldade na visualização das fibras do tecido, sendo menor do que a percebida em algodão. Considerou-se a aplicação satisfatória e a amostra foi selecionada para ser submetida ao teste de durabilidade. As amostras de verniz solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas e de verniz industrial de baunilha, Quadro 2 (D e E), repetiram o resultado apresentado em algodão, presença de microcápsulas em áreas isoladas, não obtendo assim, uma cobertura uniforme, sendo assim, não foram submetidas aos testes de durabilidade.

Quadro 3: Resultados das aplicações em serigrafia das microcápsulas luminescentes em tecido algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000 e aspecto visual.

Serigrafia - Algodão - Luminescentes			
	(A) Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas	(B) Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas	(C) Verniz industrial
X300			
X1000			
Aspecto visual (Luz UV)			

Quadro 4: Resultados das aplicações em serigrafia das microcápsulas luminescentes em tecido poliéster. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000 e aspecto visual.

Serigrafia - Poliéster - Luminescentes			
	(A) Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas	(B) Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas	(C) Verniz industrial
X300			
X1000			
Aspecto visual			

- **Tecido algodão - luminescente**

Os resultados apresentados no Quadro 3 são referentes as aplicações de microcápsulas luminescentes, este tipo de microcápsulas apresenta reação à luz UV, por isso as amostras, além das análises ao MEV, foram também analisadas sob seu aspecto visual na presença da luz UV, comprimento de onda determinante para obter o resultado visual que se espera, a luminescência.

Analisadas ao MEV, todas as amostras indicaram a presença uniforme e efetiva de microcápsulas, sendo que o verniz industrial merece destaque, Quadro 3 (C), pela presença constante de microcápsulas na amostra.

Quando submetidas a luz UV, observou-se que as microcápsulas de casca cerâmica independente do verniz, Quadro 3 (A e B), não apresentaram resposta luminescente, o que foi considerado um resultado não satisfatório, visto que não cumpre a função para que se destina. Sendo assim, essas amostras não foram selecionadas para serem submetidas ao teste de durabilidade. O teste foi realizado somente com a amostra impressa com verniz industrial, Quadro 3 (C).

- **Tecido poliéster – luminescente**

No Quadro 4, os resultados com aplicações de microcápsulas luminescentes em poliéster se assemelham aos resultados obtidos com algodão, Quadro 3. Na análise ao MEV, todas as amostras apresentaram presença uniforme e efetiva de microcápsulas, o verniz industrial, Quadro 4 (C), também merece destaque, pela presença homogênea das microcápsulas e pela luminescência apresentada.

Os resultados na presença de luz UV, também foram semelhantes aos dos obtidos com algodão, ou seja, as amostras não apresentaram resposta luminescente, o que foi considerado um resultado não satisfatório.

Sendo assim, essas amostras não foram selecionadas para serem submetidas ao teste de durabilidade. O teste foi realizado somente com a amostra impressa com verniz industrial, Quadro 4 (C).

4.2.2 Impregnação

Os Quadros 5 a 8 mostram as aplicações e o MEV, com ampliações de x300 e x1000, com o objetivo de avaliar a presença de microcápsulas em áreas de imagens similares.

No Quadro 5 apresenta-se os resultados de MEV das aplicações por impregnação com água + resina das microcápsulas aromáticas em algodão.

O Quadro 6 mostra os resultados em MEV das aplicações por impregnação com água + resina das microcápsulas aromáticas em poliéster.

No Quadro 7 observa-se os resultados de MEV das aplicações por impregnação com água das microcápsulas aromáticas em algodão.

O Quadro 8 apresenta os resultados de MEV das aplicações por impregnação com água das microcápsulas aromáticas em poliéster.

Quadro 5: Resultados das aplicações por impregnação com resina + água das microcápsulas aromáticas em algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000.



- **Tecido algodão – Impregnação com água + resina - aromáticas**

Ao analisar o Quadro 5, pode-se observar as diferenças que os tempos de impregnação conferem a efetividade da presença de microcápsulas nas amostras de algodão, ou seja, o tipo das microcápsulas (casca cerâmica e polimérica) influencia diretamente no tempo necessário para a impregnação. Microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, Quadro 5 (1) demoraram mais tempo para conseguir uma boa impregnação do que as de casca polimérica de erva-doce, Quadro 5 (2), ou seja, as microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas começam a fixar-se de maneira significativa na amostra a partir de 2 h de impregnação, Quadro 5 (1D), enquanto que nas amostras de microcápsulas poliméricas, isso ocorre em 1 h, Quadro 5 (2C).

Inicialmente, foram selecionados curtos intervalos de tempo, objetivando acelerar o trabalho em uma aplicação em escala industrial, os banhos em pequenos intervalos de tempo, 15 min e 30 min, conforme mostram as imagens ao MEV no Quadro 5 (A,B), não conseguiram resultados de impregnação satisfatórios em comparação aos intervalos de tempo maiores, 1 h, 2 h e 4 h, Quadro 5 (C,D,E), independente do tipo de microcápsula, casca cerâmica ou polimérica.

A presença mais efetiva de microcápsulas só começa a aparecer a partir de 1 h de impregnação nas amostras com microcápsulas poliméricas de erva-doce, Quadro 5 (2C), tempo que foi necessário para a estabilização da presença nas amostras de algodão, passadas 2 h, Quadro 5 (2D), a presença de microcápsulas praticamente permaneceu a mesma, diminuindo passadas 4 h, Quadro 5 (2E).

No que diz respeito a impregnação de microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 5 (1), essas necessitaram de mais tempo de impregnação, atingindo uma presença constante e bem distribuída de microcápsulas na amostra somente após 4 h de impregnação, Quadro 5 (1E). É importante observar também que essa impregnação foi feita ininterruptamente, devido a isso as amostras foram impregnadas com a mesma concentração de microcápsulas desde o início, fator que pode ter contribuído para uma melhora na qualidade da impregnação. Para o teste de durabilidade foram selecionadas as amostras impregnadas com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas durante 4 h, Quadro 5 (1E) e microcápsulas poliméricas de erva-doce durante 1 h, Quadro 5 (2C).

Quadro 6: Resultados das aplicações por impregnação com água + resina das microcápsulas aromáticas em poliéster. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000.



- **Tecido poliéster – Impregnação com água + resina - aromáticas**

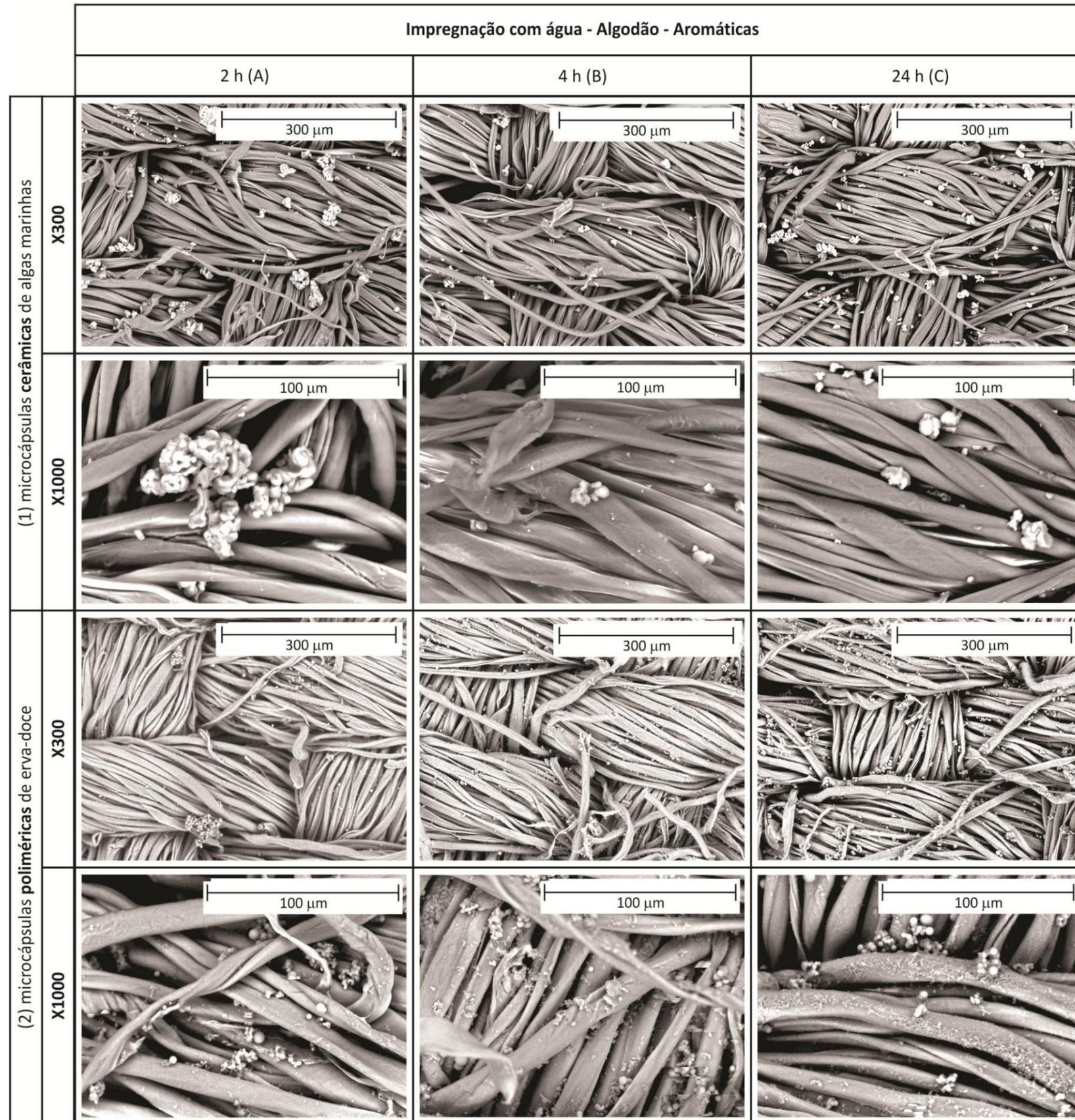
No Quadro 6 observa-se que a mudança de suporte não influencia nos tempos de impregnação, ou seja, o que determina o tempo de impregnação para se obter uma efetiva presença de microcápsulas nas amostras é o tipo de microcápsula (casca cerâmica e polimérica). Microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, Quadro 6 (1), no poliéster assim como no algodão, Quadro 5 (1), necessitam de mais tempo para conseguir uma boa impregnação comparando com as de casca polimérica de erva-doce, Quadros 7 (2) e 8 (2), esses resultados determinam que o material da casca nesse caso é fator importante para um tempo de impregnação mais curto.

A presença mais efetiva de microcápsulas também só começa a aparecer em torno de 1 h de impregnação em microcápsulas poliméricas de erva-doce, Quadro 6 (2C), tempo que foi necessário para a estabilização da presença de microcápsulas nas amostras de poliéster, passadas 2h e 4 h, Quadro 6 (2D, 2E) a presença de microcápsulas praticamente permaneceu a mesma.

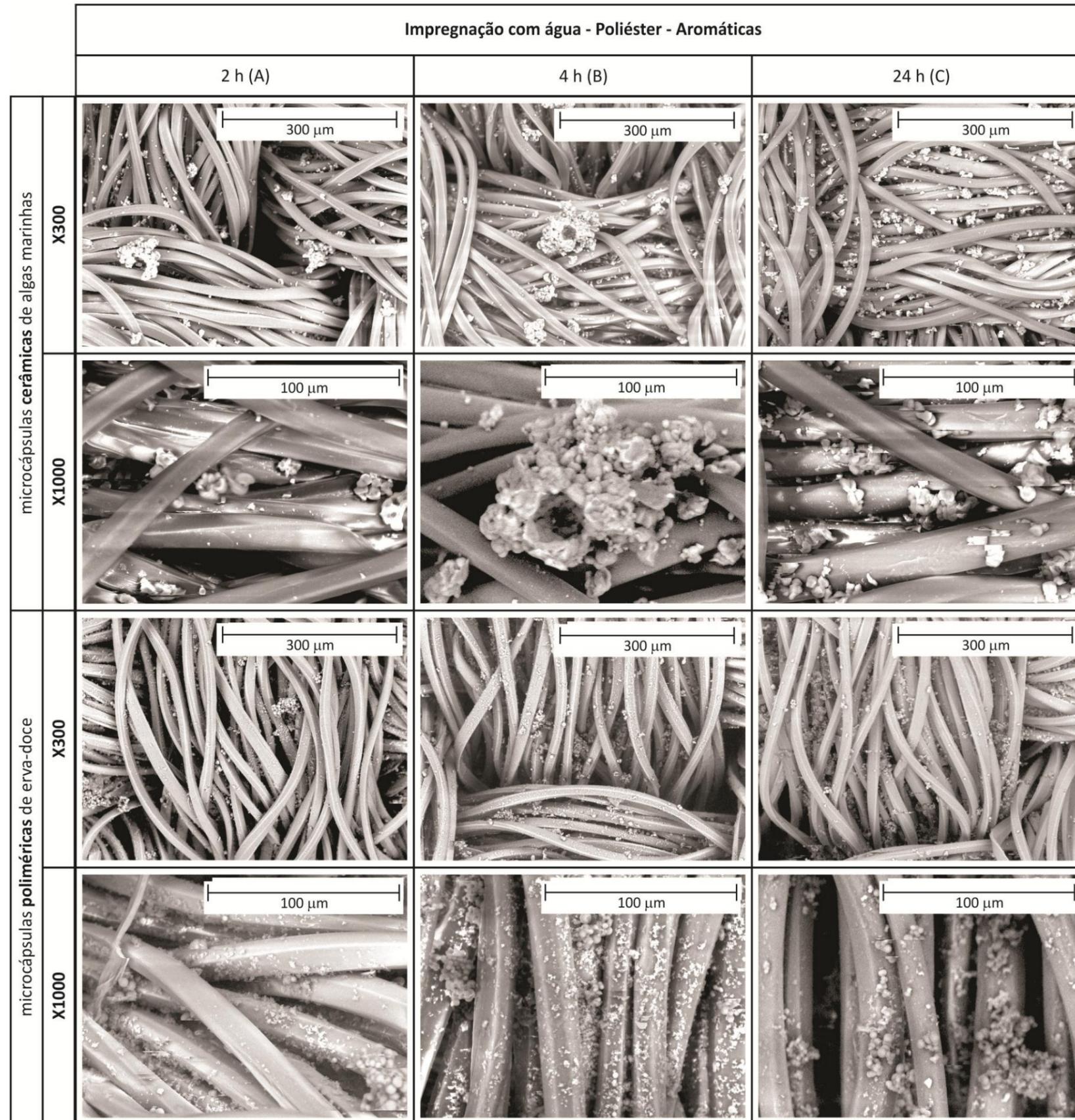
Com a impregnação de microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 6 (1), as microcápsulas se comportaram da mesma maneira que no algodão, Quadro 5 (1), necessitando de mais tempo de impregnação, atingindo uma presença constante e bem distribuída de microcápsulas na amostra somente após 4 h de banho, Quadro 6 (1E).

Sendo assim, também foram selecionadas para o teste de durabilidade as amostras impregnadas com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas durante 4 h, Quadro 6 (1E) e microcápsulas poliméricas de erva-doce durante 1 h, Quadro 6 (1C).

Quadro 7: Resultados das aplicações por impregnação com água das microcápsulas aromáticas em algodão. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000.



Quadro 8: Resultados das aplicações por impregnação com água das microcápsulas aromáticas em poliéster. Imagens obtidas no MEV, parâmetro de operação X300 e X1000.



- **Tecido algodão – Impregnação com água - aromáticas**

Como as impregnações em curtos intervalos de tempo, 15 e 30 min, com água + resina se mostraram pouco eficientes, apresentando pouca e dispersa presença de microcápsulas independente do tipo de microcápsulas, esses tempos de banho foram eliminados nessa fase das impregnações com água, partindo-se diretamente para o período de 2 h, onde a presença de microcápsulas já se tornou mais uniforme.

No Quadro 7, observa-se as impregnações com microcápsulas cerâmicas com algas marinhas e poliméricas de erva-doce em algodão com água, a ausência de resina torna as microcápsulas mais dispersas na amostra, independente do tipo de microcápsula, só se consegue observar uma presença mais uniforme no suporte algodão passadas 24 h de impregnação, Quadro 7 (1C, 2C). Dessa maneira, foram selecionadas para os testes as amostras por impregnação com água em algodão durante 24 h com microcápsulas cerâmicas de algas marinhas, Quadro 7 (1C) e microcápsulas poliméricas de erva-doce, Quadro 7 (2C).

- **Tecido poliéster – Impregnação com água - aromáticas**

O Quadro 8 apresenta as impregnações com microcápsulas cerâmicas com algas marinhas e poliméricas de erva-doce em poliéster com água. Nessa aplicação, observou-se uma presença mais bem distribuída de microcápsulas no poliéster em relação ao mesmo tipo de microcápsula em algodão, Quadro 7. É importante ressaltar que sem a presença da resina foi necessário um maior tempo de impregnação, 24 h, quando comparada ao tempo do mesmo suporte e tipo de microcápsula utilizada na presença de resina, onde foram necessárias 4 h para uma presença uniforme de microcápsulas na amostra.

Dessa maneira, independente do tipo de microcápsula, observou-se somente uma presença mais uniforme no suporte poliéster, da mesma maneira que no algodão, quando passadas 24 h de impregnação, Quadro 8 (C). Sendo assim, foram selecionadas para os testes as amostras por impregnação em poliéster durante 24 h com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas, Quadro 8 (1C) e com microcápsulas poliméricas de erva-doce, Quadro 8 (2C).

4.3 TESTES DE DURABILIDADE

Foram submetidos aos testes de durabilidade somente as aplicações com microcápsulas em suportes têxteis consideradas satisfatórias, ou seja, as amostras que apresentaram presença efetiva de microcápsulas, apresentadas na Tabela 5 (serigrafia) e na Tabela 6 (impregnação).

Tabela 5: Aplicações com microcápsulas em suportes têxteis consideradas satisfatórias - serigrafia

Tipo de microcápsula		Suportes
Aromática	Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	Algodão, poliéster
	Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	Algodão, poliéster
	Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	Algodão, poliéster
Luminescente	Verniz industrial fosfocrômico	Algodão, poliéster

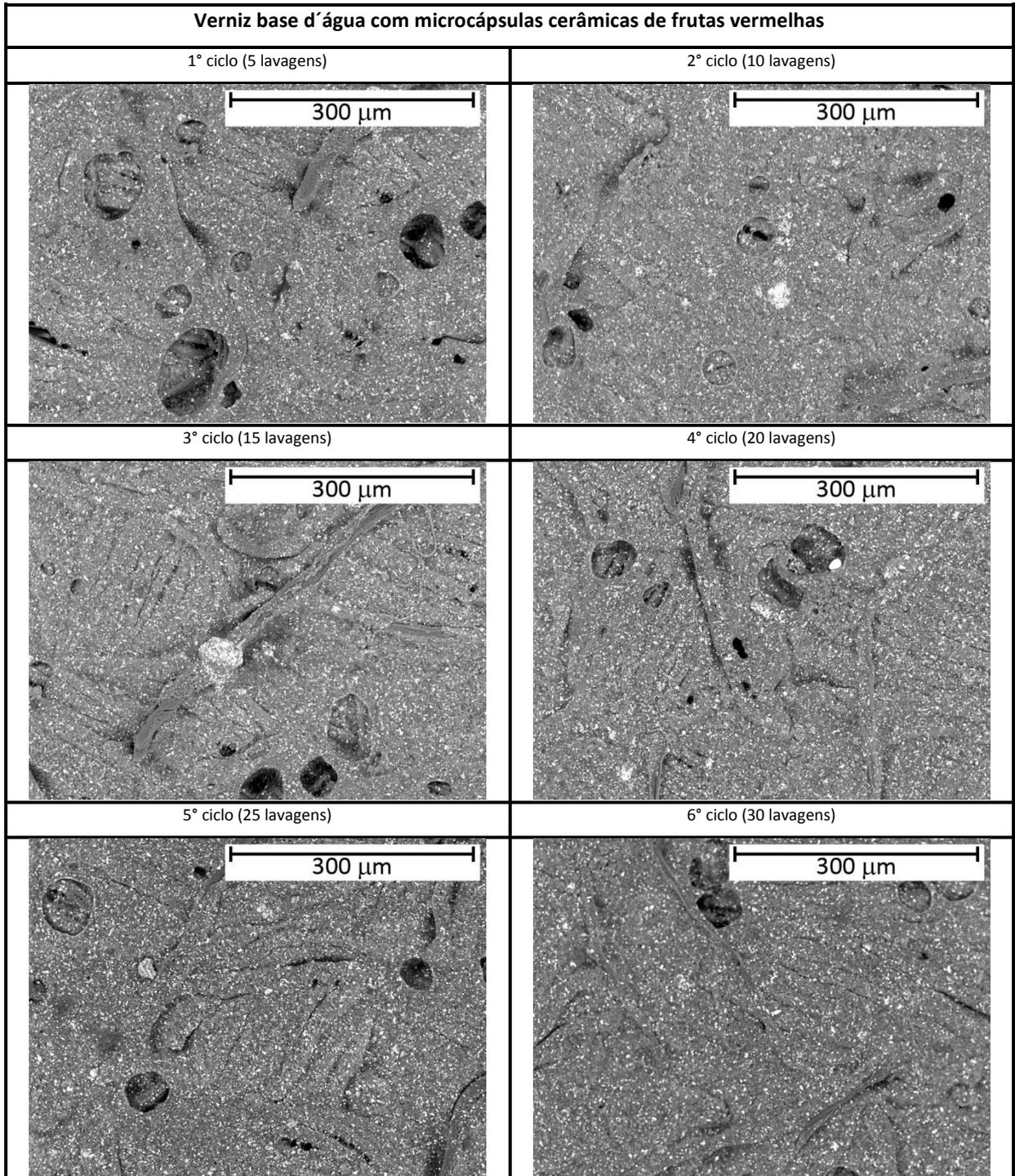
Tabela 6: Aplicações com microcápsulas em suportes têxteis consideradas satisfatórias - impregnação

Técnica	Tipo de microcápsula		Tempo	Suportes
Impregnação com água + resina	Aromática	cerâmicas de frutas vermelhas	4 h	Algodão e poliéster
		poliméricas de erva-doce	1 h	Algodão e poliéster
Impregnação com água		cerâmicas de algas marinhas	24 h	Algodão e poliéster
		poliméricas de erva-doce	24 h	Algodão e poliéster

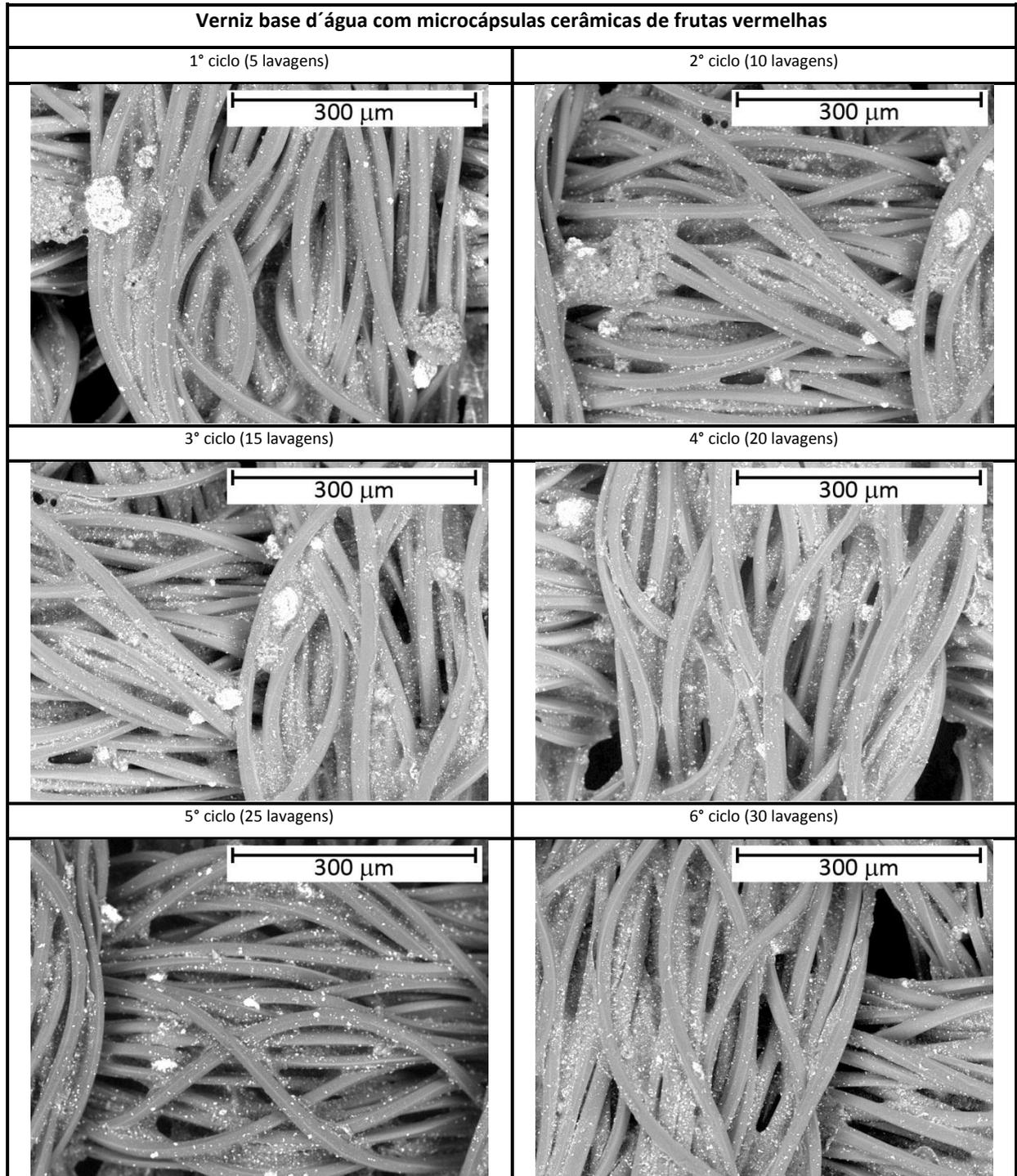
4.3.1 Serigrafia

No Quadros 11, 12, 13, 14, 15 e 16, apresentam-se os resultados dos testes de durabilidade das impressões em serigrafia com microcápsulas aromáticas em tecido algodão e poliéster e nos Quadros 17 e 18, os resultados dos testes de durabilidade das impressões em serigrafia com microcápsulas luminescentes em tecido algodão e poliéster.

Quadro 9: Ciclos de lavagem - serigrafia - algodão - verniz base d'água - microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas



Quadro 10: Ciclos de lavagem - serigrafia - poliéster – verniz base d'água - microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas



- **Algodão – Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas**

No Quadro 9 apresentam-se os resultados do teste de durabilidade resultantes dos ciclos de lavagem das amostras impressas por serigrafia em tecido algodão de verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas. Após a análise das amostras ao MEV, pode-se observar que as microcápsulas que cobrem grande parte da superfície do tecido, permaneceram fixadas no suporte, inclusive dificultando a visualização das fibras.

Mesmo com a sequência de lavagens, a presença das microcápsulas permaneceu a mesma, não havendo alterações visíveis do 1º ao 6º ciclo de lavagem, o que corresponde a 30 lavagens, sendo assim, a técnica de impressão por serigrafia de verniz a base d'água com microcápsulas cerâmicas se mostrou resistente ao número de lavagens domésticas ou industriais testadas nesta pesquisa.

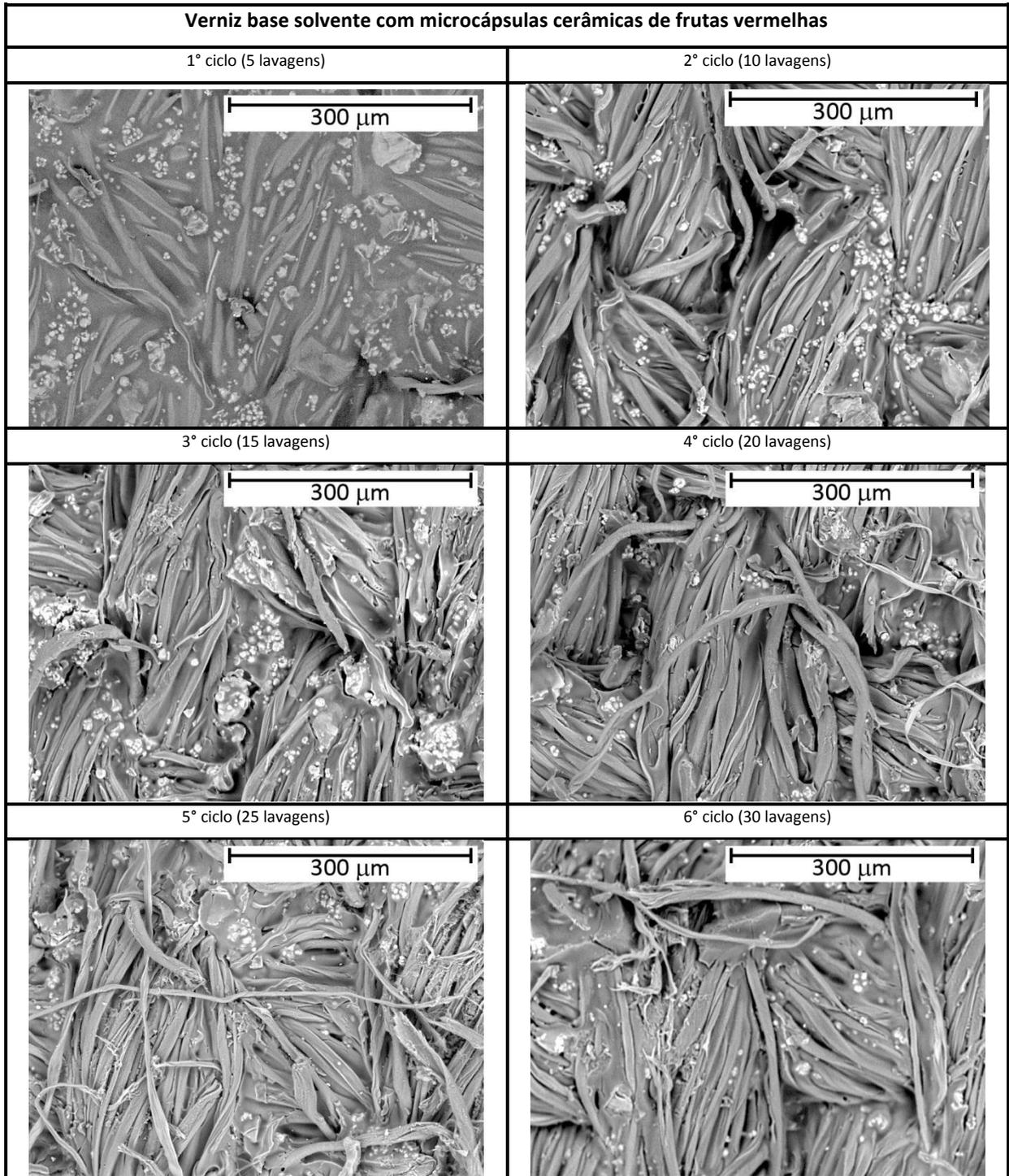
- **Poliéster – Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas**

No Quadro 10 apresentam-se os resultados do teste de durabilidade resultantes dos ciclos de lavagem das amostras impressas por serigrafia em tecido poliéster com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas. Após a análise das amostras ao MEV, podem-se observar as diferenças na qualidade da impressão relativas ao tipo de suporte utilizado.

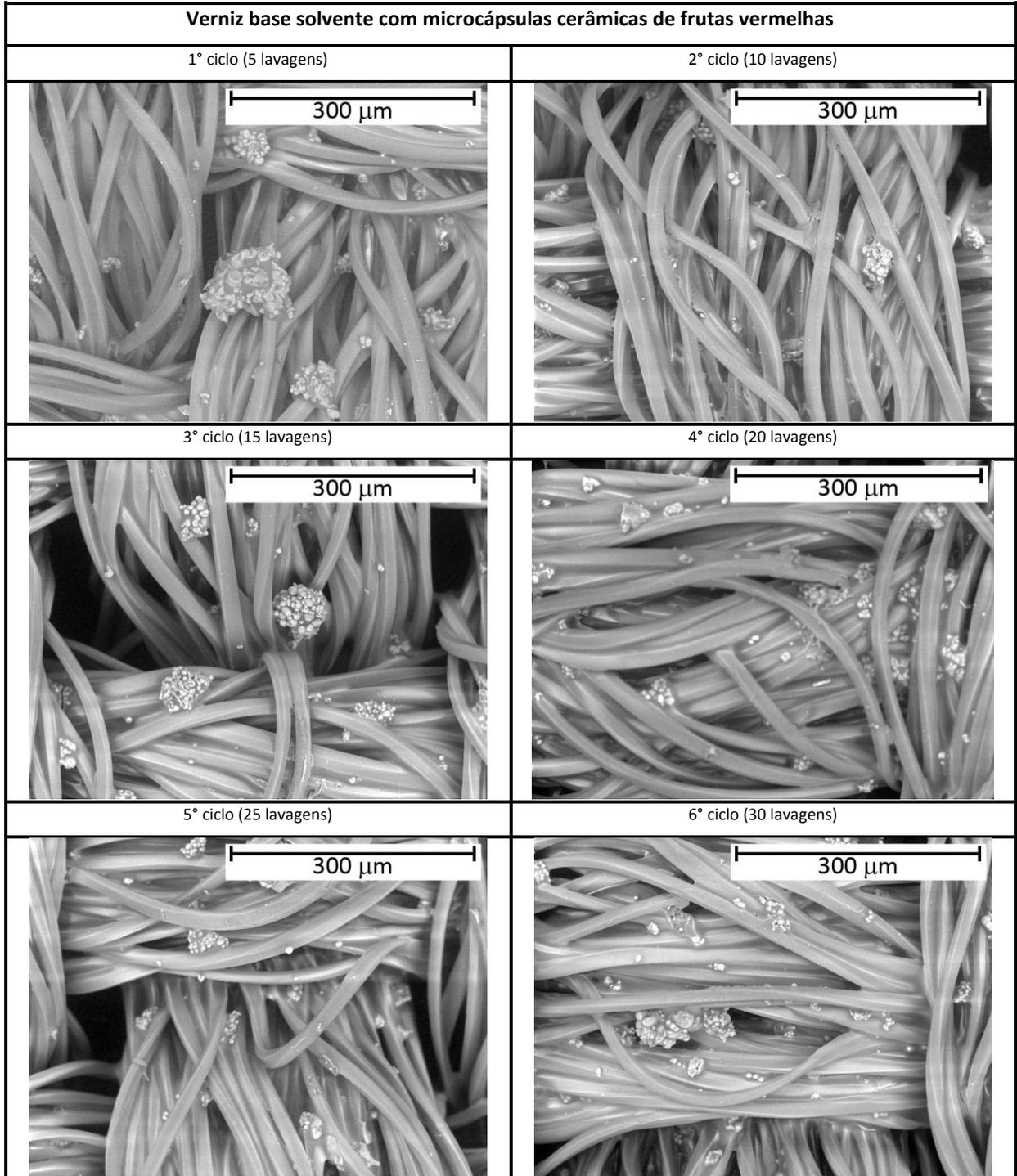
Mesmo com a amostra apresentando uma presença uniforme de microcápsulas permeando as fibras de todo o poliéster antes de submetidas aos ciclos de lavagens, o poliéster quando impresso por serigrafia com verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas se mostrou resistente a 3 ciclos de lavagem, menos lavagens quando comparadas ao mesmo tipo de impressão e microcápsula em algodão, Quadro 9.

Observou-se uma diminuição na presença de microcápsulas, inclusive o desaparecimento dos grumos, a partir do 4º ciclo de lavagem, 20 lavagens. Sendo assim, impressão serigráfica em tecido poliéster de verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas se mostrou resistente a aproximadamente 15 lavagens domésticas ou industriais.

Quadro 11: Ciclos de lavagem - serigrafia - algodão - verniz base solvente - microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas



Quadro 12: Ciclos de lavagem - serigrafia - poliéster - verniz base solvente - microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas



- **Algodão – Verniz base solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas**

No Quadro 11 apresentam-se os resultados do teste de durabilidade das impressões por serigrafia do verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas no tecido algodão.

Após a análise ao MEV, pode-se observar que as microcápsulas apresentam-se entrelaçadas as fibras do tecido, e permanecem fixadas ao suporte, mesmo com a sequência de lavagens. A presença das microcápsulas permaneceu praticamente a mesma, não havendo grandes alterações visíveis do 1º ao 4º ciclo de lavagem. O 5º e o 6º ciclo em uma análise visual qualitativa apresentam fraca diminuição na quantidade de microcápsulas. Sendo assim, essa técnica de impressão utilizando microcápsulas cerâmicas misturadas ao verniz base solvente se mostrou resistente durante as 30 lavagens domésticas ou industriais, com leve alteração nas últimas 10 lavagens.

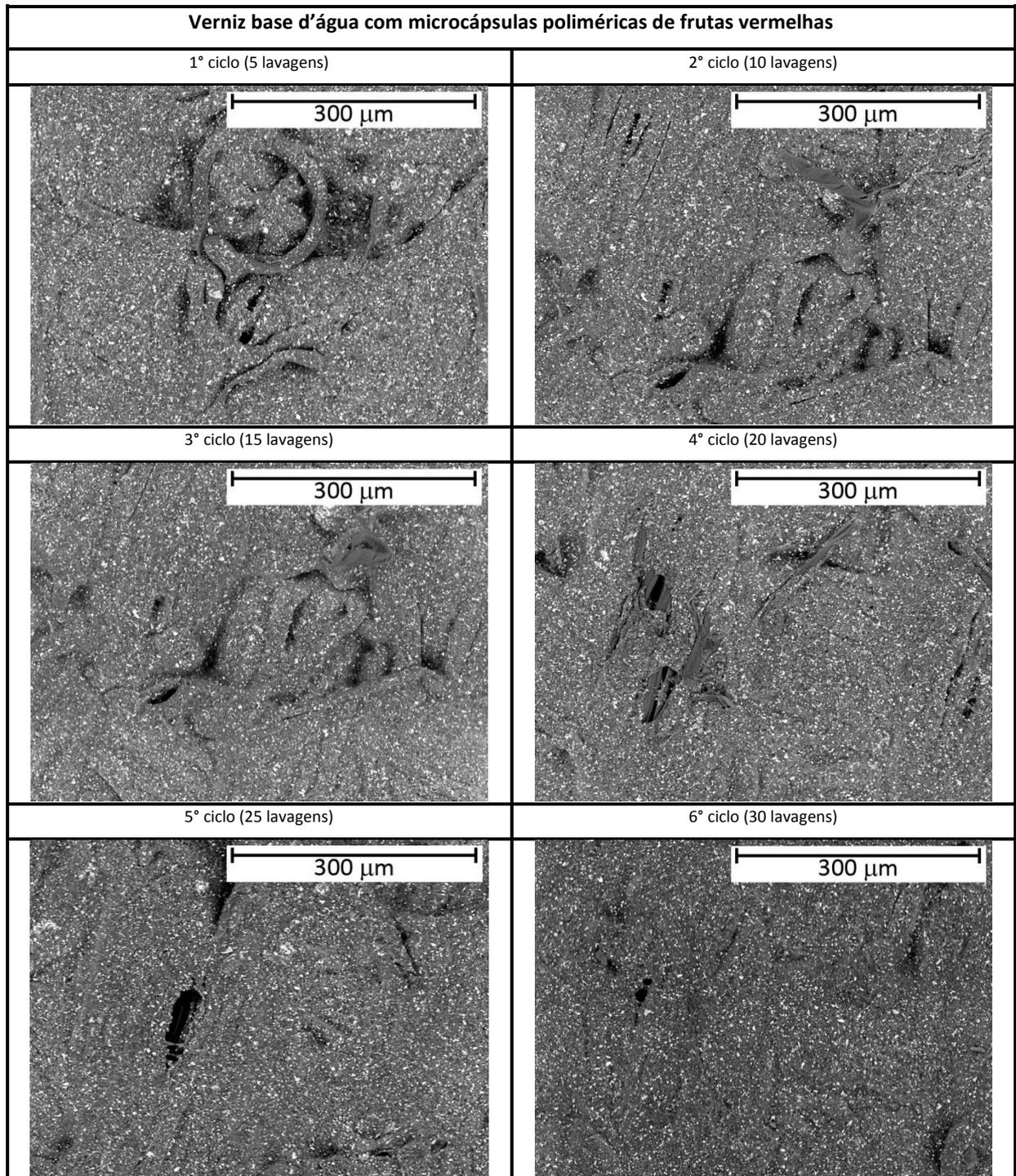
- **Poliéster – Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas**

No Quadro 12 apresentam-se os resultados do teste de durabilidade das impressões por serigrafia do verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas no tecido poliéster.

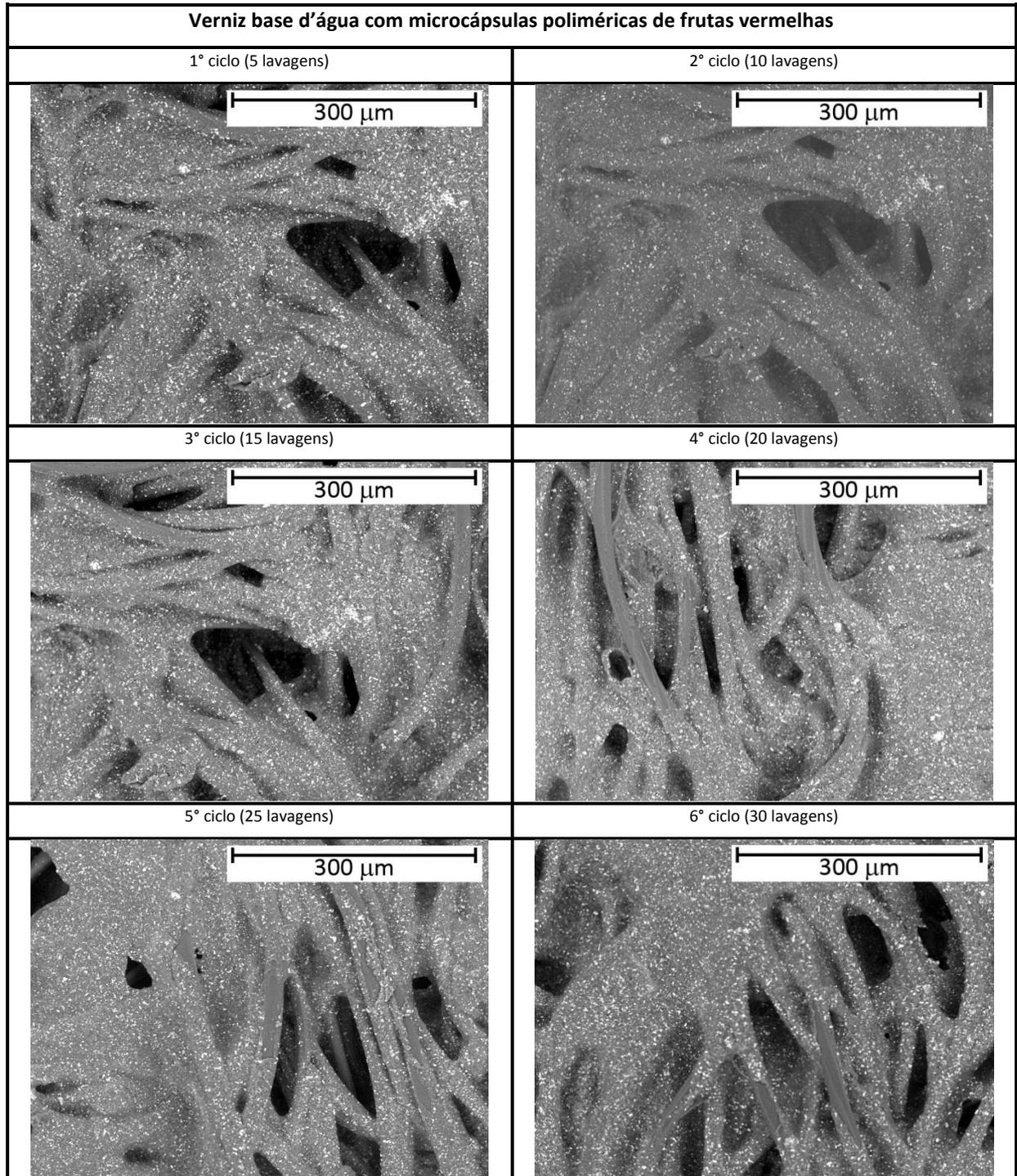
Após a análise visual ao MEV, podem-se observar as diferenças na qualidade da impressão relativas ao tipo de verniz utilizado, o mesmo suporte, poliéster, Quadro 10, quando combinado com verniz base d'água apresentou menos resistência às lavagens. A combinação com verniz solvente conseguiu uma resistência maior, permanecendo na amostra uniformemente do 1º ao 6º ciclo de lavagens.

A técnica de impressão serigráfica de verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas em tecido poliéster se mostrou resistente a aproximadamente 30 lavagens domésticas ou industriais.

Quadro 13: Ciclos de lavagem - serigrafia - algodão - verniz base d'água - microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas



Quadro 14: Ciclos de lavagem - serigrafia - poliéster - verniz base d'água – microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas



- **Algodão – Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas**

No Quadro 13 podem-se observar os resultados do teste de durabilidade das impressões por serigrafia de verniz base d'água com microcápsulas de casca polimérica de frutas vermelhas em tecido algodão.

Após a análise das amostras ao MEV, percebe-se que as microcápsulas que cobrem grande parte da superfície do tecido, dificultando a visualização das fibras, permaneceram fixadas no suporte, mesmo com a sequência de lavagens. Ao final de 6 ciclos a presença das microcápsulas permaneceu a mesma, não apresentando alterações visíveis consideráveis. Sendo assim, a impressão serigráfica de verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas se mostrou resistente a 30 lavagens domésticas ou industriais.

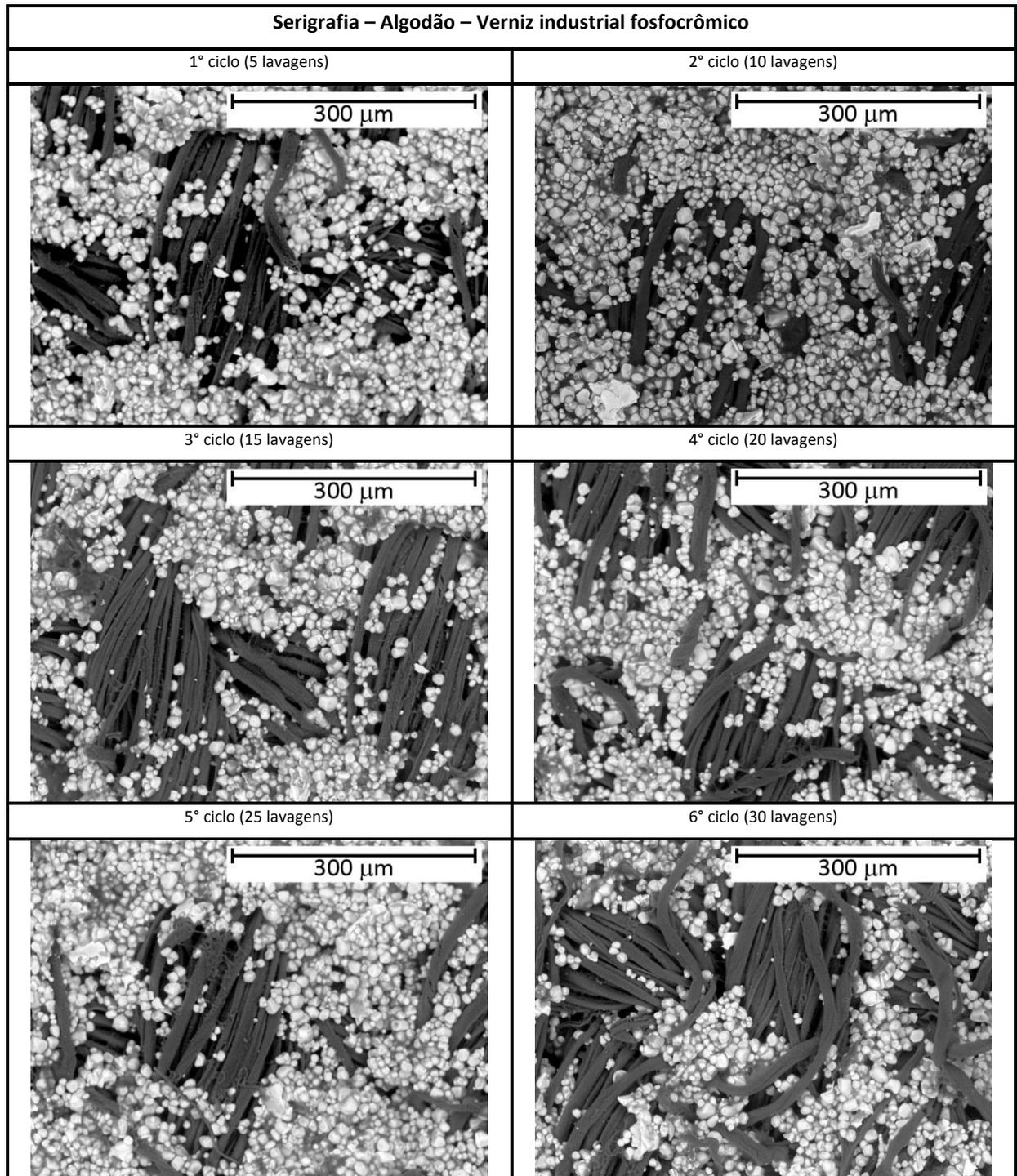
- **Poliéster – Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas**

No Quadro 14, apresentam-se os resultados do teste de durabilidade das impressões por serigrafia de verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas em tecido poliéster. Após a análise das amostras ao MEV, pode-se observar uma semelhança de comportamento do verniz base d'água com o suporte algodão, Quadro 13, o verniz propiciou que as microcápsulas de casca polimérica se depositassem uniformemente em volta das fibras, formando uma camada, similar ao comportamento no algodão, o que dificulta a sua visualização. Essa combinação de microcápsulas e verniz base d'água forma uma capa que envolve boa parte das fibras, um pouco diferente do que ocorre no algodão, Quadro 13, onde uma camada de deposita sobre as fibras.

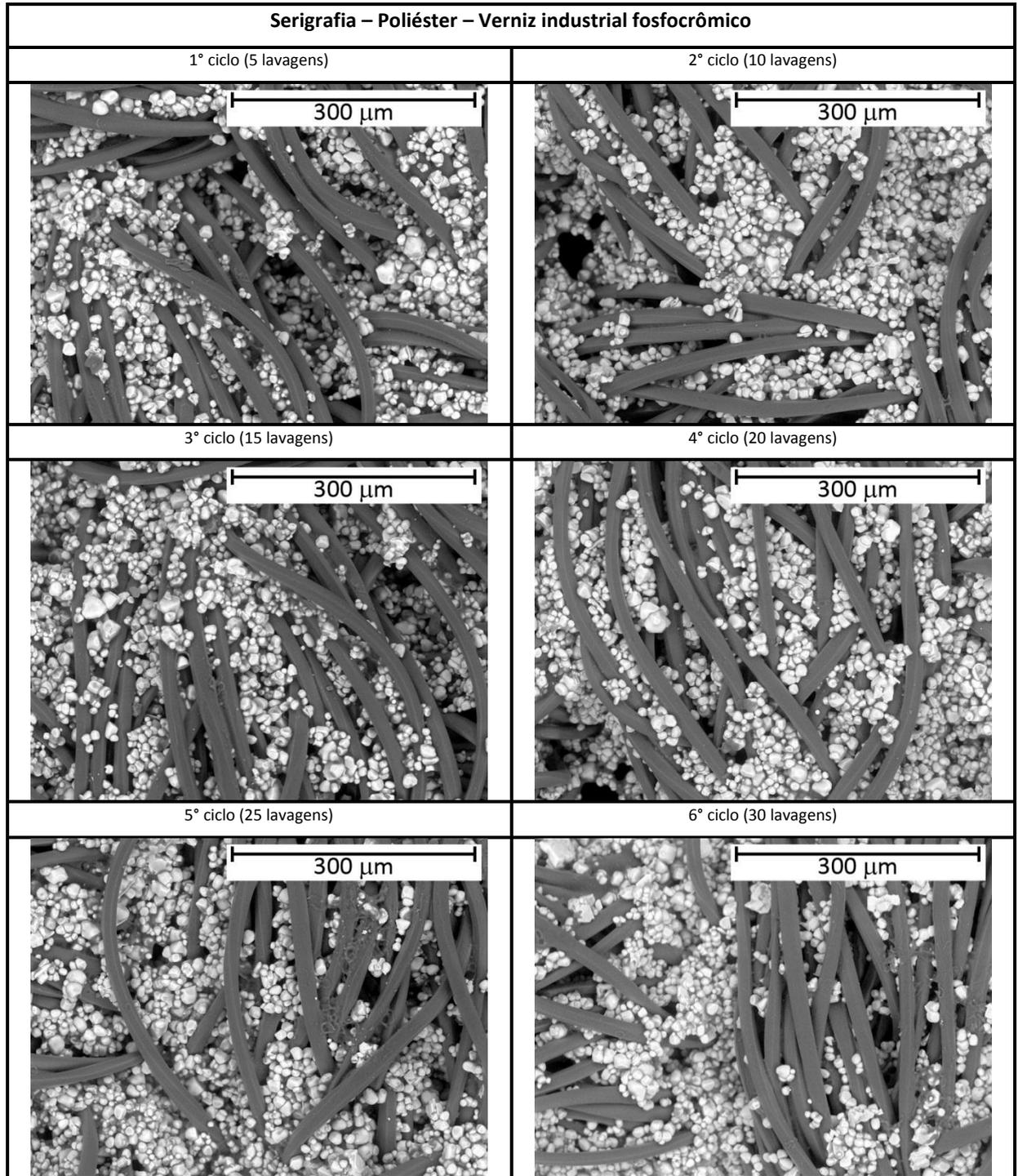
A presença das microcápsulas permaneceu visualmente a mesma, não havendo grandes alterações, sendo a impressão serigráfica com verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas se mostrou resistente as 30 lavagens.

Observa-se que o verniz base d'água tanto nas aplicações com microcápsulas cerâmicas, Quadro 9 e 12, como na serigrafia com microcápsulas poliméricas, Quadro 13 e 16, teve ótimos resultados.

Quadro 15: Ciclos de lavagem - serigrafia - algodão - verniz industrial fosforocrômico



Quadro 16: Ciclos de lavagem - serigrafia – poliéster - verniz industrial fosfocrômico



- **Algodão – Verniz industrial fosfocrômico**

O Quadro 15 mostra os resultados do teste de durabilidade das impressões serigráficas com verniz industrial fosfocrômico em tecido algodão.

Após a análise das amostras ao MEV, pode-se observar que as microcápsulas apresentam-se entrelaçadas as fibras do tecido e permanecem fixadas ao suporte mesmo com a sequência de lavagens, sendo assim, a presença das microcápsulas permaneceu praticamente a mesma, ao longo dos ciclos de lavagem, não havendo grandes alterações do 1° ao 6° ciclo. A impressão serigráfica com verniz industrial fosfocrômico se mostrou resistente a 30 lavagens domésticas ou industriais.

- **Poliéster – Verniz industrial fosfocrômico**

No Quadro 16 podem-se observar os resultados do teste de durabilidade das impressões serigráficas de verniz industrial fosfocrômico em tecido poliéster.

Após a análise das amostras ao MEV, pode-se observar a repetição dos resultados observados no algodão, Quadro 15. Esse tipo de combinação de impressão serigráfica com verniz industrial fosfocrômico confere uma boa uniformidade e presença de microcápsulas no suporte.

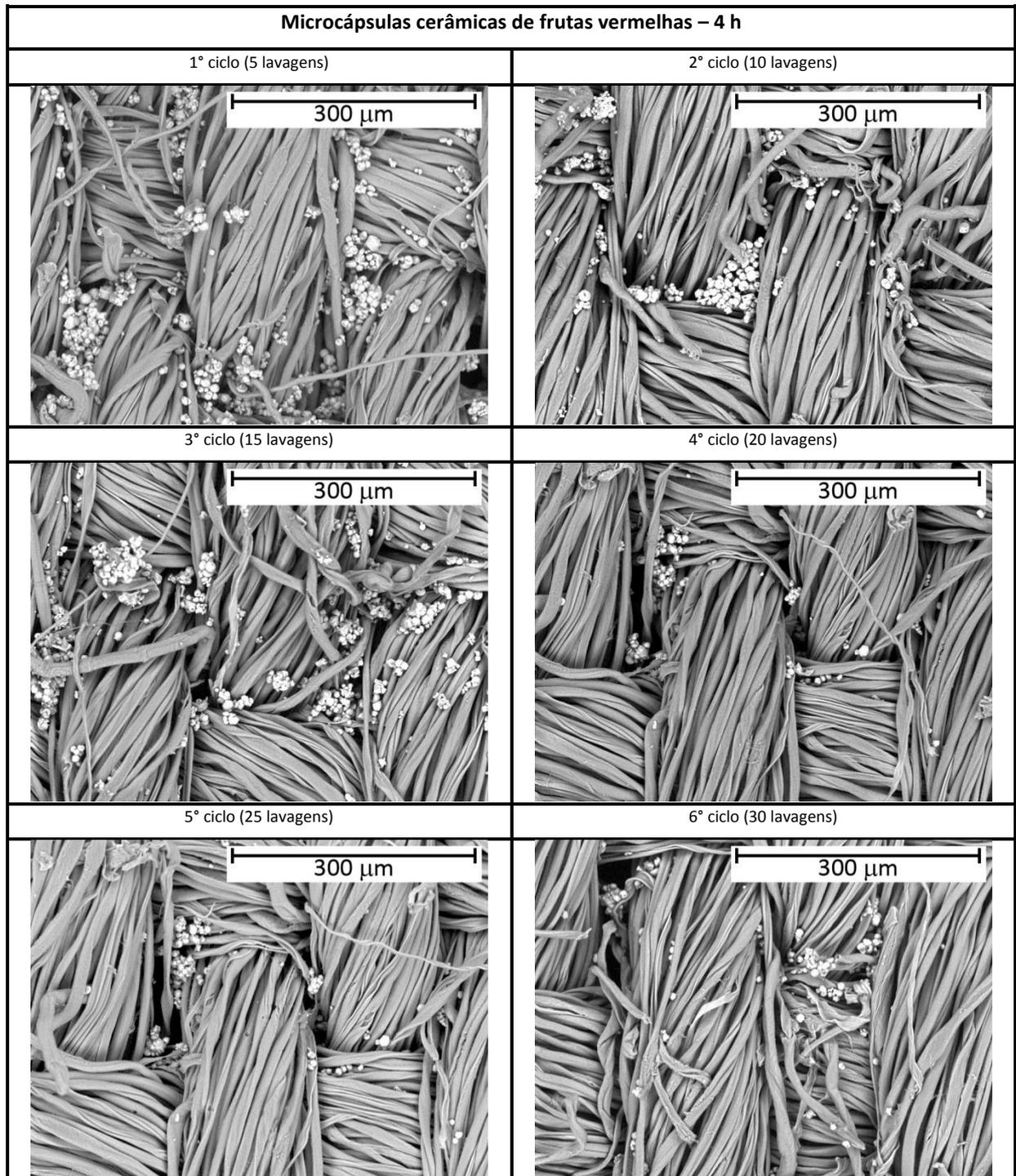
A presença das microcápsulas permaneceu a mesma, não havendo grandes alterações, sendo assim, a impressão serigráfica de verniz industrial fosfocrômico se mostrou resistente do 1° ao 6° ciclo de lavagens, ou seja, aproximadamente 30 lavagens domésticas ou industriais.

4.3.2 Impregnação

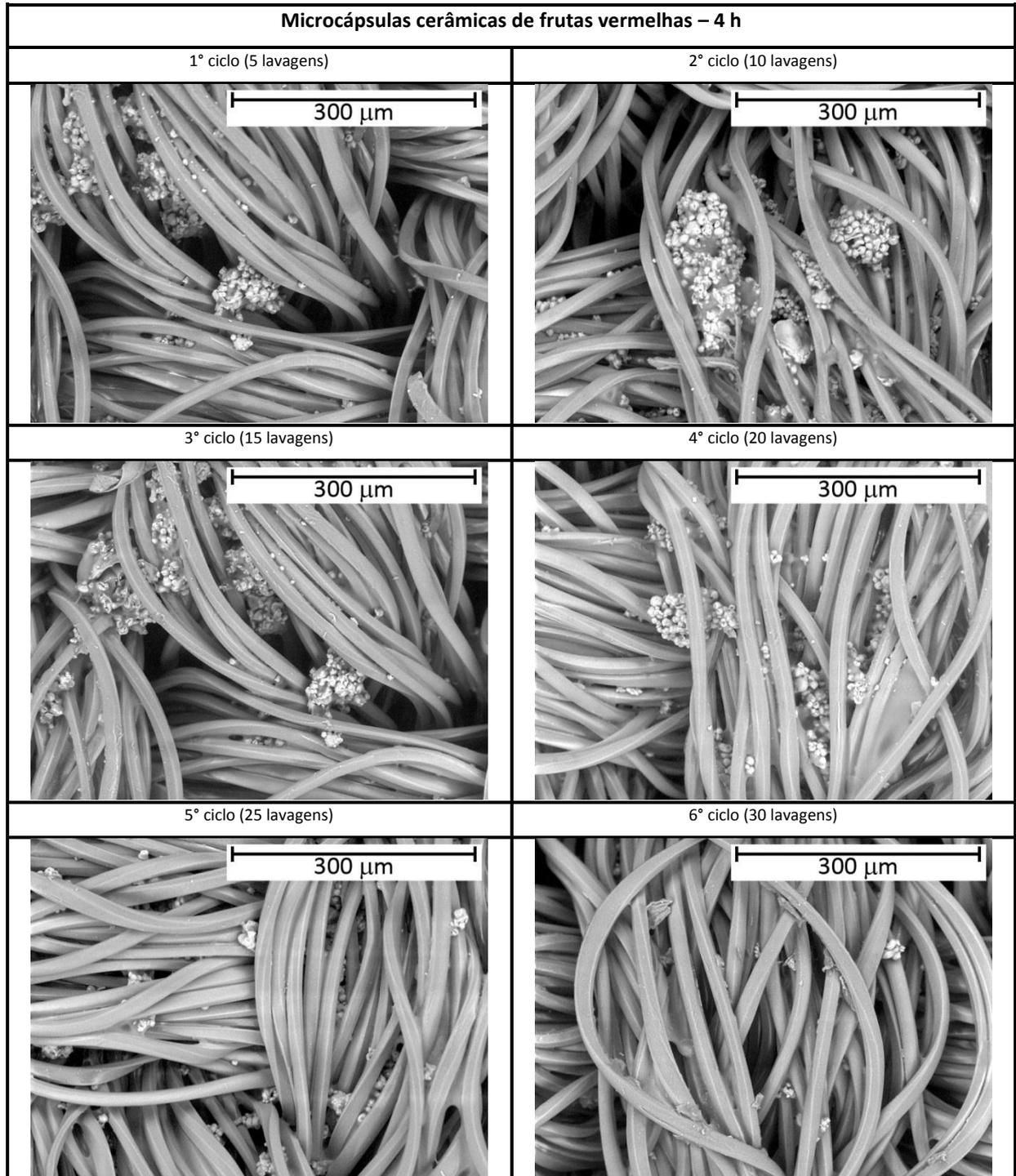
Os Quadros 19, 20, 21 e 22 apresentam os resultados dos testes de durabilidade das impregnações em meio aquoso com resina de fixação de microcápsulas cerâmicas e poliméricas em tecido algodão e poliéster.

Os Quadros 23, 24, 25 e 26 apresentam os resultados dos testes de durabilidade das impregnações em meio aquoso sem resina de fixação de microcápsulas cerâmicas e poliméricas em tecido algodão e poliéster.

Quadro 17: Ciclos de lavagem - impregnação com água + resina – 4 h - algodão - microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas



Quadro 18: Ciclos de lavagem - impregnação com água + resina – 4 h - poliéster - microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas



- **Impregnação com água + resina – 4 h – Algodão – Microcápsulas aromáticas cerâmicas de frutas vermelhas**

Os resultados da impregnação realizada em meio aquoso do tecido algodão com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas apresentam-se no Quadro 17.

Após a análise das amostras ao MEV pode-se perceber que as microcápsulas que inicialmente estão bem distribuídas entre as fibras e cobrem uniformemente boa parte da superfície da amostra de tecido não se desprendendo do suporte algodão no decorrer dos ciclos. Com diminuição expressiva a partir do 4º ciclo. Sendo assim, observar-se que esse tipo de impregnação com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas se mostrou resistente a aproximadamente, 3 ciclos, ou seja, 15 lavagens domésticas ou industriais.

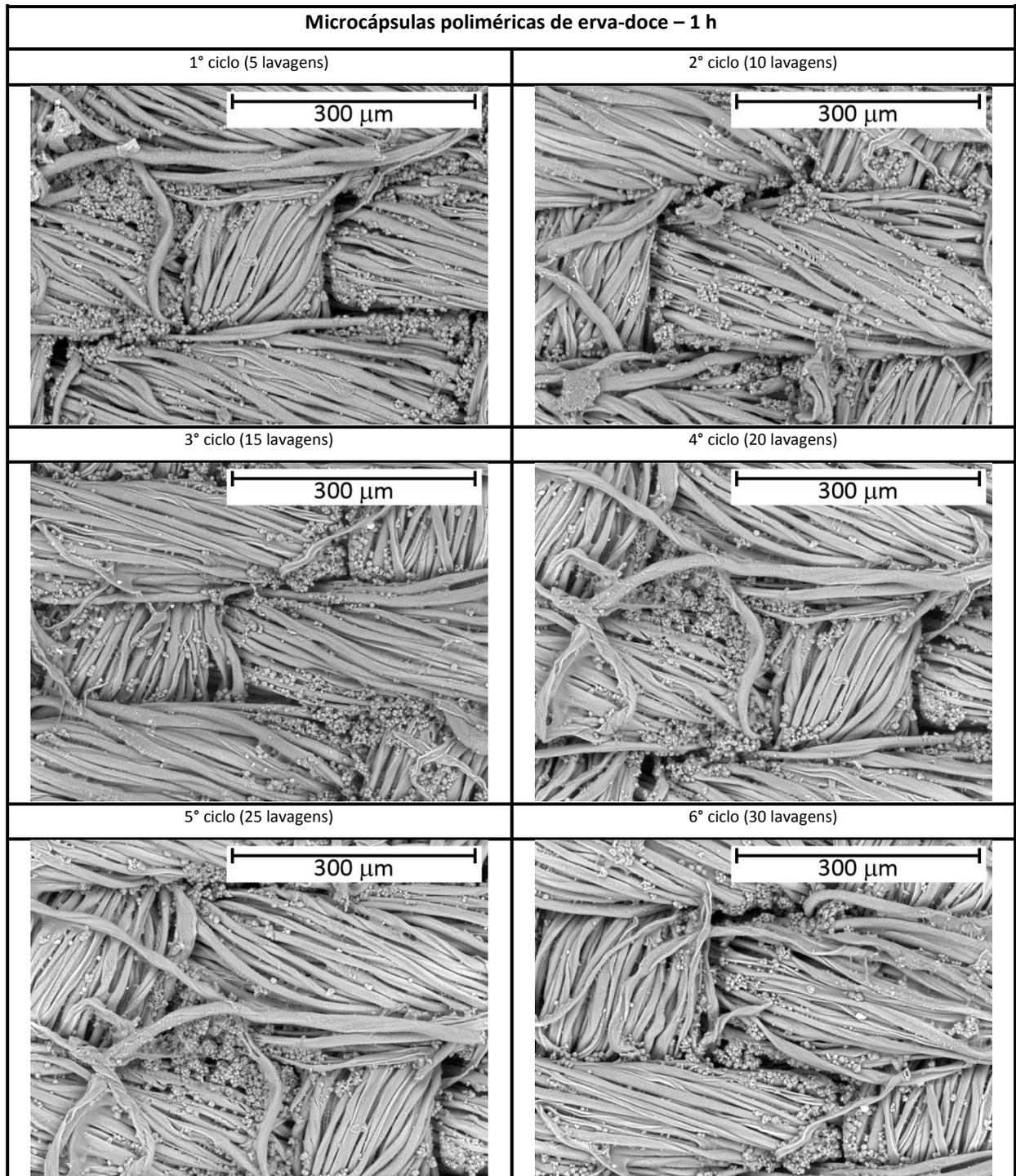
- **Impregnação com água + resina – 4 h – Poliéster – Microcápsulas aromáticas cerâmicas de frutas vermelhas**

Os resultados da impregnação em meio aquoso do tecido poliéster com microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas apresentam-se no Quadro 18.

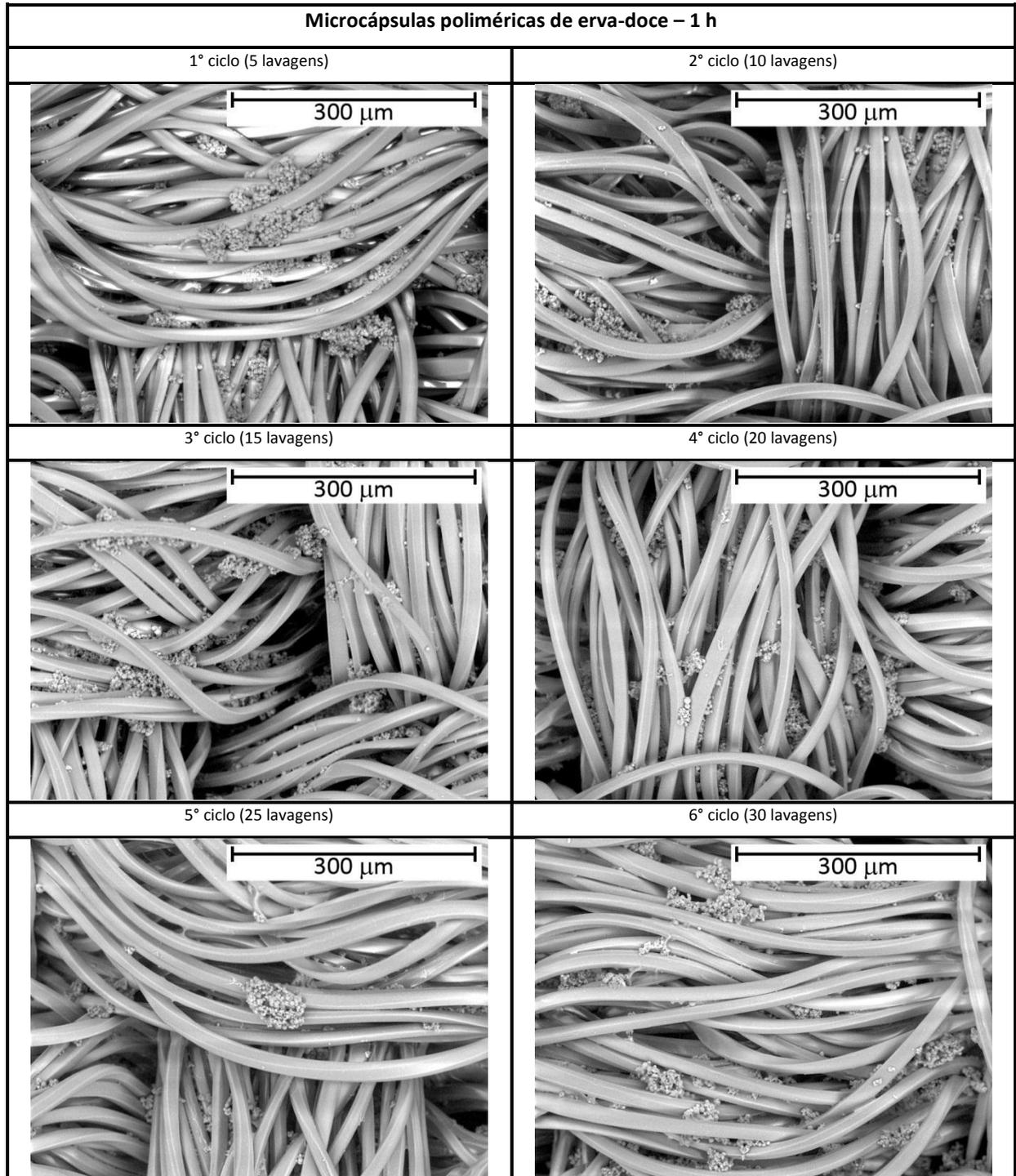
Após a análise das amostras ao MEV pode-se perceber que independente do tipo de suporte, tanto algodão, Quadro 17, quanto poliéster, Quadro 18, esta combinação de microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas e resina impregnada durante 4 h, apresentam o mesmo comportamento. As microcápsulas que inicialmente cobrem boa parte da superfície do tecido e estão bem distribuídas por entre as fibras não se desprendendo do suporte poliéster ao longo dos ciclos. Observa-se dessa maneira que, ao 4º ciclo (20 lavagens), a presença de microcápsulas na amostra diminui substancialmente e ao longo dos outros dois ciclos, uma pequena quantidade de microcápsulas permanece no poliéster.

Sendo assim, pode-se observar que da mesma maneira que no algodão, Quadro 17, esse tipo de impregnação de microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas em poliéster se mostrou resistente a aproximadamente 3 ciclos, ou seja, 15 lavagens domésticas ou industriais.

Quadro 19: Ciclos de lavagem - impregnação com água + resina – 1 h - algodão - microcápsulas poliméricas de erva-doce



Quadro 20: Ciclos de lavagem - impregnação com água + resina – 1 h - poliéster - microcápsulas poliméricas de erva-doce



- **Impregnação com água + resina – 1 h – Algodão – Microcápsulas aromáticas poliméricas de erva-doce**

O Quadro 19 mostra os resultados do teste de durabilidade da impregnação com microcápsulas poliméricas de erva-doce combinadas com água + resina acrílica no tecido algodão.

Após a análise das amostras ao MEV observa-se a diferença no sucesso da impregnação de microcápsulas de casca polimérica comparadas a impregnação no mesmo suporte e na mesma técnica de microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, Quadro 17, que resistiram a 3 ciclos de lavagem, as microcápsulas de casca polimérica de erva-doce, por sua vez resistiram a 6 ciclos.

Essa combinação propicia que as microcápsulas permaneçam aderidas às fibras do tecido de maneira uniforme do 1º ao 6º ciclo de lavagens. Desta forma, a impregnação com água + resina de microcápsulas poliméricas de erva-doce no tecido algodão se mostrou resistente a aproximadamente 30 lavagens domésticas ou industriais.

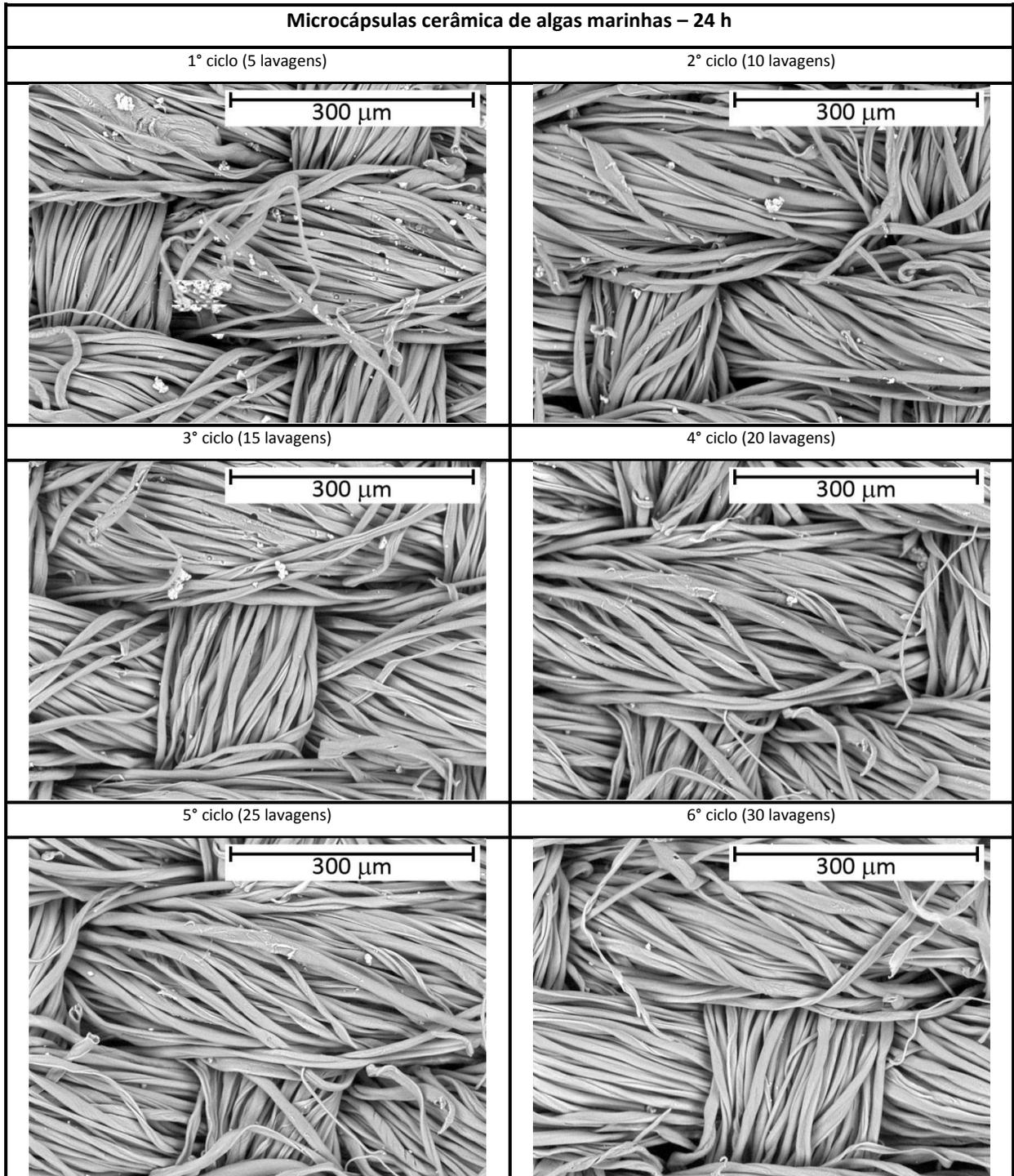
- **Impregnação com água + resina 1 h – Poliéster – Microcápsulas aromáticas poliméricas de erva-doce**

No Quadro 20, observam-se os resultados do teste de durabilidade da impregnação com água + resina de microcápsulas poliméricas de erva-doce no tecido poliéster.

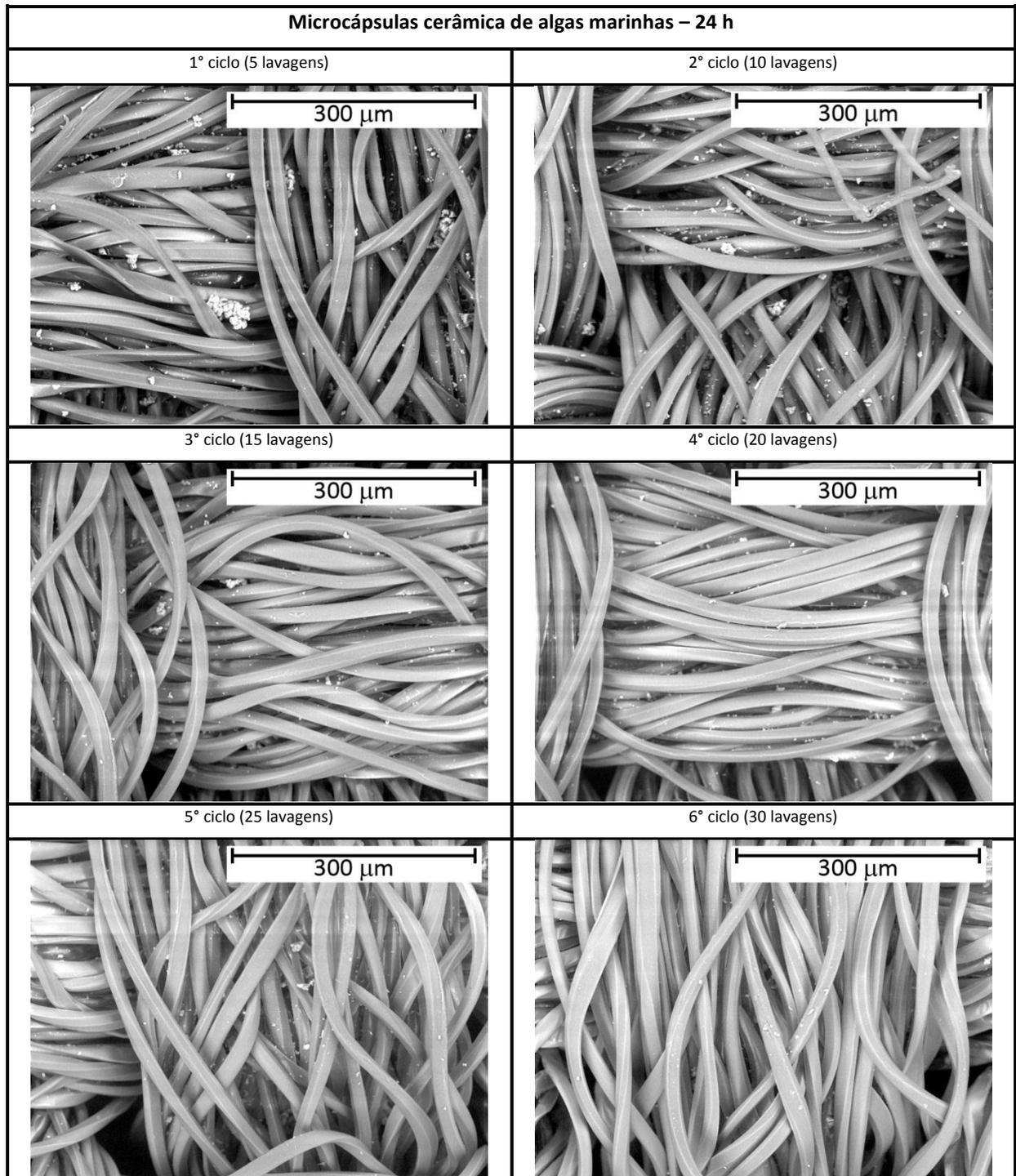
Após a análise das amostras ao MEV observa-se que as microcápsulas que inicialmente apresentam uma presença uniforme em toda a amostra do tecido, continuam aderidas nas fibras ao longo dos ciclos de lavagem.

Dessa maneira, a impregnação com água + resina de microcápsulas poliméricas de erva-doce em poliéster manteve as microcápsulas aderidas nas fibras do tecido de maneira uniforme do 1º ao 6º ciclo de lavagens.

Quadro 21: Ciclos de lavagem - impregnação com água – 24 h - algodão - microcápsulas cerâmicas de algas marinhas



Quadro 22: Ciclos de lavagem - impregnação com água – 24 h - poliéster - microcápsulas cerâmicas de algas marinhas



- **Impregnação com água – 24 h – Algodão – Microcápsulas aromáticas cerâmicas de algas marinhas**

No Quadro 21 observam-se os resultados da impregnação de microcápsulas de casca cerâmica de algas marinhas em tecido algodão.

Após a análise das amostras do tecido ao MEV percebe-se que as microcápsulas cerâmicas de algas marinhas impregnadas com água apresentaram, desde o 1º ciclo (5 lavagens), pouca aderência. Observa-se que as microcápsulas estão dispersas no tecido se desprendendo do suporte algodão ao longo dos ciclos.

Ao 3º ciclo (20 lavagens), a presença de microcápsulas é irrisória, sendo, ao longo dos outros dois ciclos, praticamente nula.

Pode-se observar que esse tipo de impregnação com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas em algodão não se mostrou resistente às lavagens domésticas ou industriais.

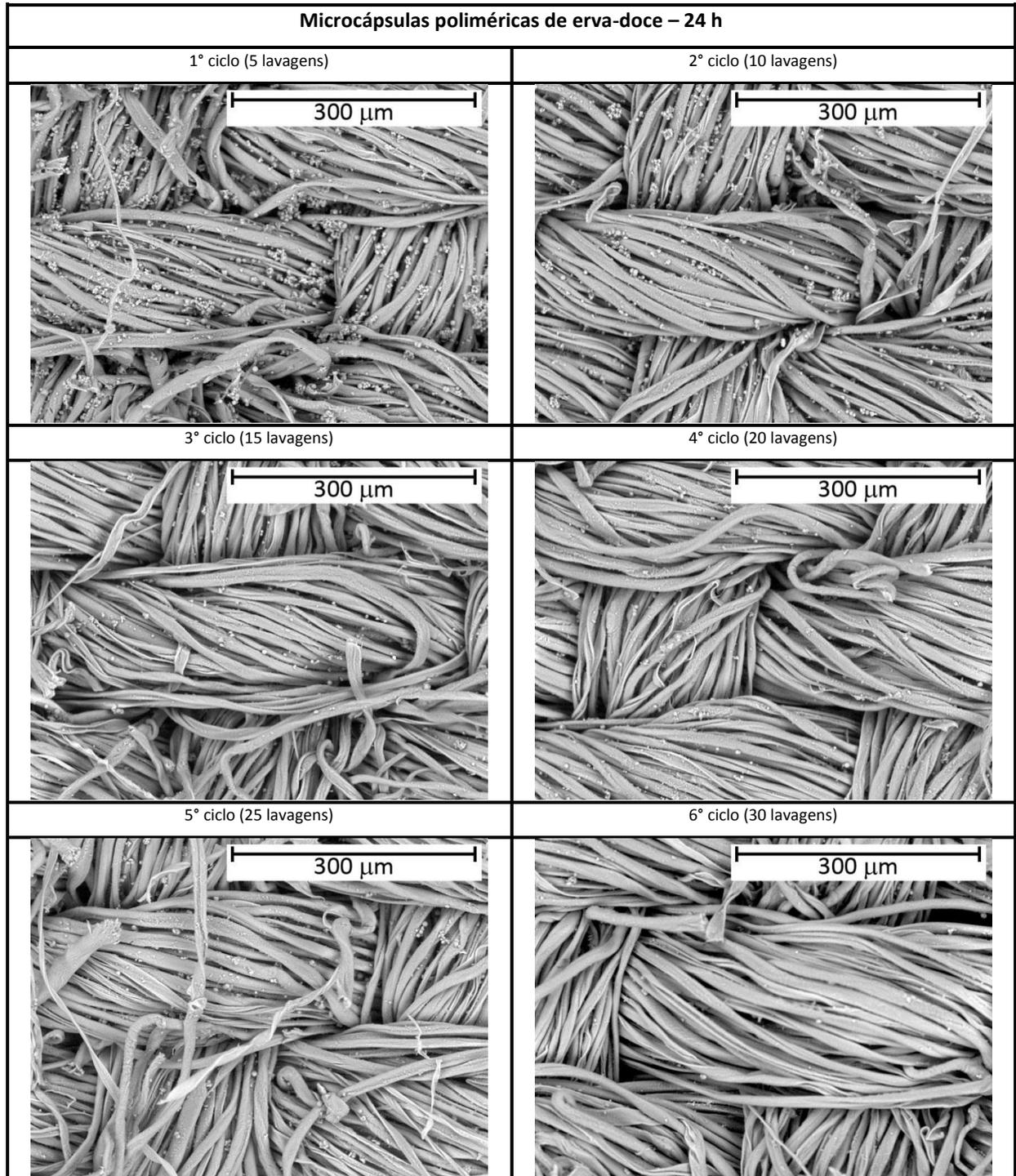
- **Impregnação com água – 24 h – Poliéster – Microcápsulas aromáticas cerâmicas algas marinhas**

O Quadro 22 mostra os resultados do teste de durabilidade das impregnações com microcápsulas cerâmicas de algas marinhas sem resina acrílica em tecido poliéster.

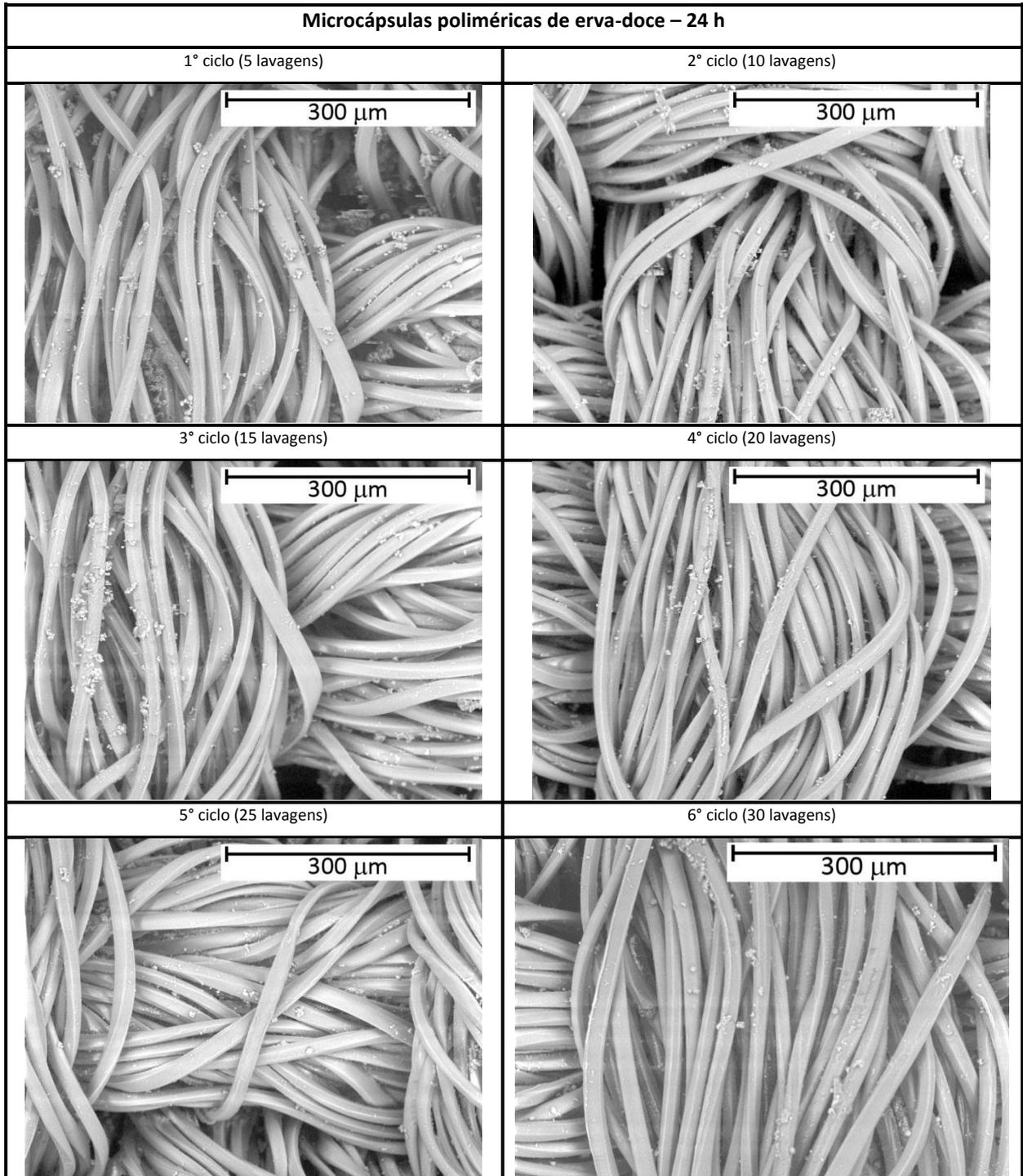
Após a análise do suporte ao MEV, pode-se observar que existe uma semelhança com resultados já apresentados na impregnação com microcápsulas cerâmicas de algas marinhas em algodão, Quadro 21, ou seja, a impregnação não é bem sucedida e, já nos primeiros ciclos de lavagem as microcápsulas de casca cerâmica vão se desprendendo das fibras do tecido.

Ao final dos 6 ciclos de lavagem não se observa a presença de microcápsulas, obtendo assim, um resultado não satisfatório quanto à durabilidade para a combinação de técnica de impregnação, tecido poliéster e microcápsulas de casca cerâmica de algas marinhas.

Quadro 23: Ciclos de lavagem - impregnação com água – 24 h - algodão - microcápsulas poliméricas de erva-doce



Quadro 24: Ciclos de lavagem - impregnação com água – 24 h - poliéster - microcápsulas poliméricas de erva-doce



- **Impregnação com água – 24 h – Algodão – Microcápsulas aromáticas poliméricas de erva-doce**

O Quadro 23 apresenta os resultados da impregnação de microcápsulas de casca polimérica de erva-doce em tecido algodão.

Após a análise das amostras ao MEV pode-se perceber que esta combinação de microcápsulas com água apresentou já no 3º ciclo (15 lavagens), pouca aderência. Observa-se que as microcápsulas passam a cobrir mais dispersamente o suporte de algodão se desprendendo das fibras ao longo dos ciclos. No 6º ciclo (30 lavagens) a presença de microcápsulas praticamente não é mais observada na área analisada.

Pode-se observar que, esse tipo de impregnação com microcápsulas poliméricas de erva-doce em algodão não se mostrou resistente às lavagens domésticas ou industriais.

- **Com água – 24 h – Poliéster – Microcápsulas aromáticas poliméricas de erva-doce**

Observa-se no Quadro 24 os resultados do teste de durabilidade das impregnações com microcápsulas poliméricas de erva-doce sem a adição de resina acrílica em tecido poliéster.

Após a análise das amostras ao MEV, nota-se uma grande semelhança com os resultados apresentados no Quadro 23, em suporte algodão, ou seja, já nos primeiros ciclos de lavagem (até 10 lavagens), as microcápsulas de casca polimérica vão se desprendendo das fibras do tecido e ao final do 6º ciclo há qualitativamente, poucas microcápsulas.

Desta forma, este resultado não é satisfatório quanto à durabilidade para a combinação de técnica de impregnação, tecido poliéster e microcápsulas de casca polimérica de erva-doce.

Com relação às aplicações pode-se considerar de uma maneira geral, que o seu sucesso não depende somente da técnica, mas das combinações entre o tipo de microcápsulas, conjuntamente com os veículos e aditivos combinadas. Por exemplo, vernizes e resinas, a técnica de aplicação e o tipo de suporte.

É importante ressaltar também a relevância do teste de durabilidade, visto que, algumas combinações de microcápsulas, técnica de aplicação e suporte apresentaram-se efetivas somente antes de serem submetidas a ele. Como exemplo pode-se citar a

combinação de impregnação em meio aquoso de microcápsulas de casca cerâmica de algas marinhas e de casca polimérica de erva-doce, tanto em tecido algodão quanto no poliéster com água. Nesse caso os testes de durabilidade mostraram-se indispensáveis para confirmar que a resina é importante na aderência das microcápsulas nas fibras do tecido.

Sendo assim, após as aplicações e testes de durabilidade, os resultados qualitativos mais e menos satisfatórios são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Resultados das aplicações e testes de durabilidade

Técnica	Material encapsulado	Veículo + Microcápsula	Suportes	Resultado
Serigrafia	Aromática (óleo essencial)	Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	Algodão	
			Poliéster	
		Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas	Algodão	
			Poliéster	
		Verniz base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	Algodão	
			Poliéster	
		Verniz solvente com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas	Algodão	
			Poliéster	
		Verniz industrial de baunilha	Algodão	
			Poliéster	
	Luminescente	Verniz base d'água com microcápsulas cerâmicas	Algodão	
			Poliéster	
		Verniz solvente com microcápsulas cerâmicas	Algodão	
			Poliéster	
Verniz industrial fosforômico		Algodão		
		Poliéster		
Impregnação com água + resina	Aromática (óleo essencial)	Microcápsulas cerâmicas de frutas vermelhas – 4 h	Algodão	
			Poliéster	
		Microcápsulas poliméricas de erva-doce – 1 h	Algodão	
			Poliéster	
Impregnação com água		Microcápsulas cerâmicas de algas marinhas – 24 h	Algodão	
			Poliéster	
		Microcápsulas poliméricas de erva-doce – 24 h	Algodão	
			Poliéster	

Utilizando-se da técnica de impressão serigráfica, a aplicação de verniz base d'água com microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas tanto em tecido de algodão como em poliéster, conseguiu-se uma cobertura uniforme na amostra, bom acabamento, ou seja, cobertura do verniz sem imperfeições, mas apenas a aplicação em suporte algodão foi considerada satisfatória por ter resistido as 30 lavagens.

É importante considerar também, nesse tipo de aplicação em suporte algodão, que o verniz contendo as microcápsulas, se deposita em camada, o que dificulta a visualização das fibras ao MEV. Isso pode resultar em restrição em aplicações em grandes áreas, pois impede a permeabilidade da fibra de algodão, característica importante para esse tipo de fibra.

Em se tratando de microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas combinadas com verniz solvente, observou-se um comportamento de acomodação das microcápsulas entre as fibras do tecido nos dois suportes, o que resultou em uma ótima resistência às lavagens tanto em algodão quanto em poliéster. Observou-se que o verniz com microcápsulas cerâmicas foi fator determinante para a fixação, comparado com o mesmo verniz com microcápsulas poliméricas, pois não apresentou o mesmo resultado quanto a presença uniforme de microcápsulas. O verniz a base d'água com microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas impresso em serigrafia em algodão apresentou cobertura uniforme, ocasionando uma cobertura das fibras da amostra. O tecido poliéster, também proporcionou esse cobrimento das fibras, mas porém com uma menor cobertura, o que permite visualizar parcialmente as fibras. A combinação: microcápsulas poliméricas misturadas ao verniz à base d'água impressos por serigrafia em tecido algodão e poliéster tiveram sucesso nos testes de durabilidade, resistindo às 30 lavagens.

Como resultados insatisfatórios, quanto a presença de microcápsulas nas amostras, têm-se a combinação de microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas e de verniz industrial de baunilha. Observou-se nessas amostras a presença em áreas isoladas das microcápsulas, não obtendo assim uma cobertura uniforme. Considerando que, a combinação de microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas e de verniz industrial de baunilha, por serigrafia, é insatisfatória, não foram submetidas aos testes de durabilidade.

Em se tratando de microcápsulas luminescentes, considerou-se determinante na análise dos resultados a reação à luz UV, ou seja, a luminescência. Conforme Nelson (2002) e

Duarte (2003) defendem os parâmetros de luminescência apresentados; quando submetidas a luz UV, observou-se que as microcápsulas de casca cerâmica independente do verniz e do suporte (poliéster ou algodão), não apresentaram luminescência, ou seja, resultado não satisfatório. Dessa maneira, só se obteve sucesso com impregnação serigráfica quando utilizadas microcápsulas com verniz fosfocrômico industrial, essa combinação apresentou boa resposta à luz UV e resistência a 30 ciclos de lavagem, tanto em algodão e poliéster.

Quanto à impregnação em meio aquoso, foram selecionadas combinações de intervalos de tempos de banho e microcápsulas com ou sem adição de resina acrílica. Pode-se observar também que nesse método de aplicação, a colocação das amostras em conjunto na solução e a sua retirada na sequência dos tempos, não influencia na aplicação, mesmo com a alteração na concentração das microcápsulas.

Nesse tipo de impregnação, observou-se que as diferenças nos tempos de impregnação são determinantes para a efetividade da presença de microcápsulas nas amostras de algodão, ou seja, o tipo do material da casca das microcápsulas (cerâmica e polimérica) influenciou diretamente no tempo para a impregnação utilizando-se resina.

A impregnação em meio aquoso com resina acrílica de microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas em tecido algodão teve sucesso quando utilizado um banho de 4 h. A mesma combinação de técnica e microcápsulas, só que em tecido poliéster apresentou resultados similares quanto a presença efetiva de microcápsulas nas amostras somente antes de submetida às lavagens. Ou seja, a impregnação com água com resina e microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas não resistiu às lavagens, após o quarto ciclo de lavagem a amostra já não apresentava mais microcápsulas em sua superfície.

Sendo assim, após as impregnações em meio aquoso com resina é importante ressaltar que a diferença nos tempos de impregnação com relação ao mesmo tipo de suporte e método de aplicação se dá de acordo com o tipo de microcápsula que se deseja impregnar no suporte. Microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, tanto no poliéster quanto no algodão, necessitam de mais tempo para conseguir uma boa impregnação, em relação as de casca polimérica de erva-doce, esses resultados comprovam que o material da casca é fator importante para um tempo de impregnação mais curto.

Para as microcápsulas de casca poliméricas de erva-doce aplicadas por impregnação, com adição de resina, foi selecionado o tempo de banho 1 h. Esse tipo de microcápsula de casca polimérica quando impregnada em algodão e poliéster necessitou de um tempo menor de banho para o sucesso da impregnação em relação a microcápsula de casca cerâmica de frutas vermelhas impregnadas com adição de resina. Em se tratando de impregnação com água + resina de microcápsulas poliméricas de erva doce em intervalo de banho de 1 h, as aplicações em suporte de algodão e poliéster obtiveram também sucesso nas aplicações, resistindo a 30 lavagens.

Observou-se que na impregnação em banho aquoso ocorreu uma diminuição do tempo de impregnação de 24 h para 4 h quando combinada a resina. Combinação essa que também foi fator determinante para a fixação, tanto das microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas em algodão e das microcápsulas de casca cerâmica e polimérica em algodão e poliéster nas fibras do tecido, em comparação com o mesmo tipo de microcápsula com água, visto que para essas foi necessário um banho de 24 h, mas quando submetidas ao teste de durabilidade, não resistiram às lavagens, já as de impregnadas com a adição de resina resistiram a 30 lavagens. As impregnações com microcápsulas cerâmicas com algas marinhas e poliméricas de erva-doce em algodão e poliéster com água, independente do tipo de microcápsula, durante 24 h de impregnação, foram consideradas satisfatórias quanto a presença de microcápsulas nas amostras, mas não conseguiram resistir aos ciclos de lavagens, obtendo assim, resultados de uma maneira geral insatisfatórios. Dessa maneira, o sucesso dos métodos de aplicação de microcápsulas em suportes têxteis apresentados nesta pesquisa reforçaram os estudos apresentados no referencial teórico. A utilização do método serigráfico também já foi demonstrada com sucesso para a aplicação de microcápsulas em suportes têxteis por Nelson (2002) e Kozicki et. al. (2013). No caso da impregnação, este estudo conseguiu se aproximar do que foi apresentado por Nelson (2002), Holme (2007), Monllor, Bonet e Cases (2007) e Rodrigues et. al. (2009). Quanto aos testes de durabilidade conseguiu-se que as aplicações obtivessem uma durabilidade de 30 lavagens, seguindo o que é proposto na NBR 105-C06:2012, norma também adotada nos estudos de Rodrigues et. al. (2009), Cruz et. al. (2011) e Kozicki (2013).

5 CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES

Com a finalização das aplicações e testes de durabilidade conseguiu-se estudar e desenvolver métodos de aplicação de microcápsulas em diferentes suportes, conseguindo delimitar com a pesquisa aplicações fáceis de serem reproduzidas e que contemplam fatores como durabilidade e acabamento para o emprego no design de produtos.

Com o desenvolvimento do trabalho, foi possível compreender por meio do referencial teórico adotado os conceitos que envolvem microcápsulas e seus métodos de aplicações em diferentes suportes têxteis, dessa maneira conseguiu-se delimitar para os procedimentos experimentais, ou seja, os materiais e técnicas de aplicação utilizadas na pesquisa.

Como materiais foram selecionados suportes têxteis, microcápsulas e vernizes. Os suportes têxteis foram o algodão e o poliéster, selecionados por serem os dois tecidos de mais comum utilização no mercado atualmente. Quanto aos tipos de microcápsulas utilizadas, foram selecionadas microcápsulas produzidas no LdSM/UFRGS e microcápsulas produzidas industrialmente, na forma pura e em verniz, classificados de acordo com a casca e o material ativo. Quanto à casca, foram utilizadas cerâmica e polimérica e quanto ao material ativo: aromáticas e luminescentes. Utilizadas para a aplicação na pesquisa de quatro formas diferentes: microcápsulas puras, verniz industrial, com e sem adição de resina.

Como métodos de aplicação foram selecionados a serigrafia e a impregnação, métodos utilizados por serem de fácil e acessível desenvolvimento em pequena escala, mas utilizados também em escala industrial para a aplicação de microcápsulas, sendo assim os resultados da pesquisa podem ser reproduzidos na indústria.

O estudo da aplicação das microcápsulas delimitadas na pesquisa oportunizou também um melhor entendimento do desenvolvimento de projeto, visto que com a aplicação de microcápsulas pode-se atribuir aos produtos funções que vão além da prática e da estética, questões tratadas como centrais no processo de desenvolvimento do produto.

O design de produtos deve-se voltar também para a função simbólica, ou seja, se preocupar também como os objetos podem proporcionar experiências agradáveis aos

usuários. Sendo assim, o estudo das aplicações de microcápsulas em diferentes suportes têxteis pode contribuir para o futuro desenvolvimento de produtos pensados nessa perspectiva. Uma das maneiras de se desenvolver esse tipo de produto, e foco deste trabalho é a utilização de materiais ativos microencapsulados que aliam funções perceptivas aos produtos, explorando os sentidos. Um exemplo é a utilização de microcápsulas com material ativo aromático que estimula o olfato e luminescentes que estimulam a visão.

Sendo assim, esta pesquisa contribuiu para desenvolver aplicações com microcápsulas focadas na percepção do usuário, o que também pode estimular o projeto de produtos que evoquem os sentidos e tornem as experiências com os produtos mais prazerosas e agradáveis.

Como resultado geral das aplicações e testes de durabilidade, pode-se concluir que os resultados mais satisfatórios, que combinam método de aplicação, microcápsulas, suporte e substâncias combinadas (vernizes e resinas) e ainda se mostraram resistentes a 30 lavagens foram:

1. Serigrafia, microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, combinadas com verniz serigráfico à base d'água, em tecido algodão.
2. Serigrafia, microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, combinadas com verniz solvente, tanto em tecido algodão como em poliéster.
3. Serigrafia, microcápsulas poliméricas de frutas vermelhas combinadas com verniz à base d'água impressas em tecido algodão e poliéster.
4. Serigrafia, verniz industrial fosforocrômico, essa combinação tanto em poliéster quanto em algodão, apresentou boa resposta à luz UV.
5. Impregnação em meio aquoso durante 4 h, microcápsulas de casca cerâmica de frutas vermelhas, com adição de resina em algodão.
6. Impregnação em meio aquoso durante 1 h, microcápsulas de casca polimérica de erva-doce, com a adição de resina acrílica em algodão e poliéster.

Os resultados obtidos na pesquisa indicam que a escolha da técnica, do tipo de casca da microcápsula, em combinação com verniz ou resina, de acordo com o suporte é fundamental para determinar o resultado final da aplicação, tanto em termos de aspecto visual como no que diz respeito à presença de microcápsulas nas fibras dos suportes analisados e somente com a sua adequada combinação é que se podem desenvolver produtos que possam realmente conter as características das microcápsulas utilizadas.

Como trabalhos futuros propõem-se:

- Desenvolvimento de aplicações e teste de durabilidade em outros suportes;
- Realizar análise Termogravimétrica (TGA), com as microcápsulas e com os vernizes e com as combinações;
- Continuidade dos testes das aplicações realizadas na pesquisa que envolvam a percepção do material ativo das microcápsulas;
- Desenvolvimento de produtos que se utilizem da função simbólica relacionada a aplicação das microcápsulas e
- Validar as aplicações com análises sensoriais junto aos usuários.

REFERÊNCIAS

ABKENAR, S. S.; MALEK, R. M. A. Preparation, characterization, and antimicrobial property of cotton cellulose fabric grafted with poly (propylene imine) dendrimer. **Cellulose**. 2012. N. 10. P. 1701-1714.

ACIMIT (THE ASSOCIATION OF ITALIAN TEXTILE MACHINERY MANUFACTURERS) (Org.). **The italian textile machinery industry, today**: characteristics, raw materials, technologies. Itália, 2000. 140 p. Disponível em: <<http://www.acimit.it/index-E.htm>>. Acesso em: ago. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 105-C06. Têxteis – Ensaio de solidez da cor. Parte C0: Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BACK, N. **Metodologia de Projetos de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BAXTER, M. **Projeto de Produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

BENGALA BRANCA. **Papel Sulfite**. Disponível em: <http://www.bengalabranca.com.br/lista_subcat_2.php?id_sub=Papel%20Sulfite&id_cat2=1009&id_menus=menutopo> Acesso em: ago. 2011.

BOH, B., SUMIGA, B. Microencapsulation technology and its applications in building construction materials. **RMZ – Materials and Geoenvironment**. 2008. Vol. 55, No. 3. p. 329-344.

BONSIEPE, G. **Design, cultura e sociedade**. São Paulo: Blucher, 2011.

BURDA, **A costura tornada fácil**. Ljubljana: Hans Schaub, 2002.

CAMARGO, M. G. de. **Análise da percepção térmica dos carteiros do CDD-Londrina em relação ao uniforme utilizado em ambiente quente**. 2007. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Desenho Industrial, Departamento de Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista – Campus de Bauru, Bauru, 2007.

CHEN, C.; CHIANG, C. Preparation of cotton fibers with antibacterial silver nanoparticles. In: **Materials Letters**. n. 62 .2008. p. 3607–3609.

CHENG, S.Y.; YUEN, C.W.M.; KAN, C.W.; CHEUK, K.K.L. Development of Cosmetic Textiles using Microencapsulation Technology. **RJTA**. 2008. Vol. 12 No. 4. p. 41-51.

BÜRDEK, B. E. **História, teoria e prática do design de produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

CITEVE (Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal). **Vestuário com acabamentos Activos**. Disponível em: <<http://www.citeve.pt/bin-cache/XPQC1DD5C5476DF7273C88ZKU.pdf>> Acesso em: mar. 2012.

CRUZ, J.; FANGUEIRO, R.; ARAÚJO, P.; ARAÚJO, F. Estudo da durabilidade do efeito de termoregulação em malhas com materiais de mudança de fase. In: **International Conference on Engineering** - UBI2011, 2011, Portugal.

DEASY, P. B. **Microencapsulation and related drug processes**. New York: Marcel Dekker, 1984.

DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007.

DUARTE, A. J. A. **Modelação da Resposta de Sistemas Sensores Ópticos Fluorescentes para pH, Mg(II), Al(III) e Zn(II)**. Porto: Faculdade de Ciências do Porto, 2003. 165 p. Dissertação, Mestrado em Química da Faculdade de Ciências do Porto, Porto.

DUBEY, R.; SHAMI, T.C.; RAO, K.U.B. Microencapsulation Technology and Applications. **Defence Science Journal**. Vol. 59, No. 1, January 2009, p. 82-952009.

ESCOBAR, C. F.; ROCHA, T. L. A. C.; ROLDO, L.; KINDLEIN JÚNIOR, W. Obtenção, caracterização e possíveis aplicações de micro/nanocápsulas poliméricas visando à percepção olfativa. **Anais do 5º Workshop de Design & Materiais**, Lorena, p.14-15, out. 2010. CD-ROM.

FERNANDES ,A. **Fundamentos de produção gráfica para quem não é produtor gráfico**. Editora Rubio, Rio de Janeiro. 2003.

FONSECA, J. **Tipografia & Design Gráfico: design e produção gráfica de impressos e livros**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

GOMES FILHO, J. **Design do objeto: bases conceituais**. São Paulo: Escrituras. 2006.
GHOSH, S.K. **Functional coatings: by polymer microencapsulation**. Weinheim: Wiley-VCH, 2006.

GRIFFITHS, P.; DE HASSETH, J.A. **Fourier Transform Infrared Spectrometry**. 2nd ed. Wiley-Blackwell. 2007.

HOLME, I. Innovative technologies for high performance textiles. **Coloration Technology**. 2007. 123. 59–73.

JONES, S. J. **Fashion Design: manual do estilista**. São Paulo: Cosac Naify. 2005.

KESTENBACH, H. et. al. Resolução Lamelar num Novo Microscópio Eletrônico de Varredura. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. Jan/Mar. 1997. p. 58-66.

KIM, S. **Handbook of Marine Macroalgae: Biotechnology and Applied Phycology**. Wiley. 2012.

KIRK-OTHMER. Microcapsules. In: **Encyclopedia of Chemical Technology**, 4th ed., Vol. 16, 1998, p. 317-327.

KOZICKI, M.; SASIADEK, E.; KOLODZIEJCZYK, M.; KOMASAD, J.; ADAMUSD, A.; MANIUKIEWICZE, W.; PAWLACZYKE, A.; SZYNKOWSKAE, M.; ROGOWSKIE, J.; RYBICKIA, E.; Facile and durable antimicrobial finishing of cotton textiles using a silver salt and UV light. **Carbohydrate Polymers**, v. 91, n. 1, p.115-127, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861712007874>>. Acesso em: set. 2012.

LÖBACH, B. **Design Industrial: bases para configuração dos produtos industriais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

MADENE, A.; JACQUOT, M.; SCHER, J.; DESOBRY, S. Flavour encapsulation and controlled release: a review. In: **International Journal Of Food Science And Technology**, n. 41, p.1-21, Jan. 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x/full>>. Acesso em: maio 2012.

MAHLTIG, B.; HAUFE, H.; BÖTTCHER, H. Functionalisation of textiles by inorganic sol-gel coatings. **Journal of Materials Chemistry**, 15 (41), 4385-4398, 2005.

MARQUES, C. T. **Potencialidades e limitações da aplicação Simultânea de aromas e de pigmentos sensíveis ao calor e à luz em artigos de Moda praia**. Guimarães: Universidade do Minho, 2004. Dissertação, Mestrado em Design e Marketing da Universidade do Minho, Guimarães, 2004.

MOLLET H.; GRUBENRNANN A. Formulation Technology - Emulsions, Suspensions, Solid Forms. WILEY-VCH Verlag GmbH. D-69469 Weinheim (Federal Republic of Germany), (2001), 234-246.

MONLLOR, P; BONET, M. A; CASES, F. Characterization of the behaviour of flavour microcapsules in cotton fabrics. **European Polymer Journal** . 2007. 43. 2481–2490.

MOMA Store Disponível em: <<http://www.moma.org/>>. Acesso em: set. 2012.

NELSON, G. Application of microencapsulation in textiles. **International Journal of Pharmaceutics**. 2002. 242. 55–62.

NEVES, J. O estado da arte dos têxteis técnicos aplicações práticas de micro e nano camadas. In: **Encontro de Design e Tecnologia Têxtil**, 2007, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.nds.ufrgs.br/Paper%20Porto%20Alegre%202%5B1%5D.pdf>> Acesso em: mar. 2012.

NORMAN, D. A. **Design Emocional**: por que adoramos (ou detestamos) os objetos do dia-a-dia. Rio de Janeiro: Rocco, 2008.

PEDROTTI JÚNIOR, S. L.; ROCHA, T. L. A. C.; ROLDO, L.; CAMPO, L. F.; KINDLEIN JÚNIOR, W. Microcápsulas luminescentes: obtenção, caracterização e aplicação. **Anais do 5º Workshop de Design & Materiais**, Lorena, p.330-340, out. 2010. CD-ROM.

PEÑA, B.; PANISELLO, C.; ARESTÉ, G.; GARCIA-VALLS, R.; GUMÍ, T. Preparation and characterization of polysulfone microcapsules for perfume release. In: **Chemical Engineering Journal**, n. 179, p.394-403, 2012. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/cej>. Acesso em: maio 2012.

PEREIRA, G. S.; **Curso Têxtil em Malharia e Confeção módulo 2**: introdução à tecnologia têxtil. Araranguá: CEFET, 2009.

PRINCI, E. N. **Design Emocional**: Campus Party 2012. Disponível em: <http://www.princiweb.com.br/blog/index.php>. Acesso em: set. 2012.

RIBEIRO, M. **Planejamento Visual Gráfico**. 7 ed. Brasília: Linha Gráfica, 1998.

RODRIGUES, S.N.; MARTINS, I.M.; FERNANDES, I.P.; GOMES, P.B.; MATA, C, V.G.; BARREIRO, M.F.; RODRIGUES, A.E. Scentfashion®: Microencapsulated perfumes for textile application. In: **Chemical Engineering Journal**, n. 149, p.463-472, 2009. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/cej>. Acesso em: maio 2012.

SALAÛN F.; VROMAN, I.; ELMAJID, I. A novel approach to synthesize and to fix microparticles on cotton fabric, In: **Chemical Engineering Journal**, vol. 213, December 2012, p. 78-87. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894712012533>.

SALEM, V. **Tingimento Têxtil**: fibras, conceitos e tecnologias. São Paulo: Blucher, 2010.
SANTOS, A. B.; FERREIRA, V. P.; GROSSO, C. R.F. Microcápsulas: uma alternativa viável. In: **Biociência & Desenvolvimento**, Campinas, n. 16, p.26-30, 2000. Disponível em: <http://www.biociencia.com.br/revista/bio16/16_micro.pdf>. Acesso em: maio 2012.

SIBILIA, J. P. **A guide to materials characterization and chemical analysis**. VCH Publishers: New York, 1988.

SZUSTER, L.; KAŻMIERSKA, M.; KRÓL, I. Fluorescent dyes destined for dyeing high-visibility polyester textile products. **Fibres & Textiles in Eastern Europe**, 12, 70-75, 2004.

TREPTOW, D. **Inventando Moda**: planejamento de coleção. 2 ed. Brusque: D. Treptow, 2003.
VALÉRIA SOARES. **Tecido Oxford**. Disponível em: <<http://www.valsoares.net/tecido-oxford-valor-por-metro/oxfselecone/25/560>> Acesso em: ago. 2011.

VANDER VOORT, G.; F. Optical Microscopy. In: **Asm Handbook: Metallography and Microstructure**. Asm International. Materials Park, Ohio, v.9, p. 102-130, 1995.

WANG, C. X.; CHEN, Sh. L. Aromachology and its Application in the Textile Field. In: **Fibres & Textiles in Eastern Europe**. v. 13, n. 6 , p. 41-44, 2005.

WHITE, R. Chromatography/Fourier transform infrared spectroscopy and its applications. Marcel Dekker. 1990.