

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA**

SABRINA LEMOS SOARES

**Emprego da análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) para avaliar
possíveis danos à estrutura capilar**

**Lorena
2019**

SABRINA LEMOS SOARES

Emprego da análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) para avaliar possíveis danos à estrutura capilar

Projeto de monografia apresentado à Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo como requisito parcial para obtenção de título de Engenheira Química.

Orientadora: Prof. Dra. Patrícia Caroline Molgero Da Rós

Lorena
2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Soares, Sabrina Lemos

Emprego da análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) para avaliar possíveis danos à estrutura capilar / Sabrina Lemos Soares; orientadora Patrícia Molgero da Rós. - Lorena, 2019. 55 p.

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Química - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2019

1. Cosméticos. 2. Cabelos. 3. Danos capilares .
4. Dsc. I. Título. II. da Rós, Patrícia Molgero, orient.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir caminhar até este momento.

À Dra. Patrícia Caroline Molgero Da Rós, minha orientadora, por me acompanhar no desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigada pela orientação e sugestões no desenvolvimento desta monografia.

À Adriana Fregonesi, pela oportunidade de desenvolver a pesquisa que deu origem a este trabalho e por me guiar durante todo o processo. Muito obrigada por me ensinar, me acompanhar e me apoiar em meu crescimento profissional. Obrigada por me dar suporte nos momentos difíceis e por comemorar comigo minhas vitórias. Acima de tudo, obrigada por se tornar mais que uma mentora, mas sim uma amiga.

Ao meu time de estágio, Andrea Costa, Rômulo Zamberlan, Dani Zimbardi, Helen Arcuri, Carla Scanavez, Luciana Vasquez, Juliana Lago, Joice Savietto. Vocês se tornaram meu exemplo de profissionalismo, de um time unido que trabalha para o desenvolvimento do todo, com harmonia e amizade.

Aos meus pais, Selma e Jaime, que são minha força. Obrigada por acreditarem em mim, por me apoiarem em todas as fases da faculdade, por serem meu porto seguro nas fases da vida mais alegres e nas mais difíceis, por me ajudarem a seguir meus sonhos e por me amarem incondicionalmente. Vocês são minha força e minha garra para lutar.

Aos meus irmãos, Maria Clara, Vitor Lucas e Gabriel, por me inspirarem. Vocês me fazem querer ser melhor e fazer o meu melhor.

Aos meus avós, Cida e Geraldo, pelo carinho e torcerem pelo meu sucesso.

À Sayuri Okamoto, por me introduzir ao mundo da ciência e da pesquisa.

Aos meus amigos da faculdade e do intercâmbio, vocês foram essenciais para meu crescimento como pessoa. Obrigada por toda leveza que trouxeram neste caminho.

A todos funcionários da Escola de Engenharia de Lorena.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

SOARES, S. L. **Emprego da análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) para possíveis danos à estrutura capilar.** 2019. 55 p. Monografia (Trabalho de Graduação em Engenharia Química) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena – SP, 2019.

O setor cosmético é um setor da indústria que necessita de constantes inovações pois acompanha as tendências mundiais e se diversifica muito quanto ao seu público alvo. O Brasil representa o quarto maior consumidor dentro deste setor e o terceiro maior em consumo de produtos para cabelos. Os investimentos em inovação para estes produtos se diversificam em pesquisas voltadas à inovação em formulações de shampoo, condicionadores, finalizadores, coloração, dentre outros, além do estudo do fio de cabelo e couro cabeludo e como estes interagem com o meio. Para produtos com benefícios perceptíveis ao consumidor é necessário cada vez mais entender a estrutura do fio dos diferentes tipos de cabelos e como eles se comportam frente aos procedimentos cosméticos que são submetidos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo empregar a metodologia de análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) para avaliação dos possíveis danos sofridos pelos cabelos lisos e crespos quando submetidos aos danos químicos da descoloração e aos danos térmicos da aplicação de chapinha. Os resultados apontam que ambos tratamentos cosméticos causam danos à estrutura queratinosa do fio de cabelo. De acordo com os procedimentos utilizados neste trabalho, o dano químico foi o mais agressivo, apresentando uma redução de temperatura de desnaturação da α -queratina de 19,77% em cabelos lisos e 14,78% em cabelos crespos quando comparado ao dano térmico de 9,26% nos cabelos lisos e 4,39% nos cabelos crespos.

Palavras chaves: Cosméticos; cabelos; danos capilares; DSC.

ABSTRACT

SOARES, S. L. **Use of differential scanning calorimetry (DSC) analysis to identify possible structural damage on human hair.** 2019. 55 p. Undergraduate thesis in Chemical Engineering – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena – SP, 2019.

The cosmetic sector is an industry that requires constant innovation in order to keep up with the global trends and its very diverse target audience. Currently, Brazil represents the fourth largest consumer of cosmetics and the third largest consumer of hair care products globally. Current investment for such products is incredibly diverse and is often focused on hair care innovation and developing new product formulas for shampoo, conditioners, styling products and hair color. However, other areas of research are focused on better understanding the hair shaft, the scalp and how they react to these products and their environment. In order to produce products in which the consumer can maximize intended benefits, it is necessary to understand the hair structure on particular hair types and how they behave when subjected to different cosmetic procedures. The present work applied the differential scanning calorimetry (DSC) method to evaluate the damage suffered by straight and curly hair when subjected to the chemical damages of discoloring and the thermal damages of flat iron applications. The results showed that both cosmetic treatments cause damages to the α -keratin structure in the hair shaft. The chemical damages found can be considered more aggressive, due to its greater decrease in denaturation temperature of 19,77% for straight hair and 14,78% for curly hair when compared to the thermal damages decrease of 9,26% for straight hair and 4,39% for curly hair.

Keywords: Cosmetics; hair; hair damage; DSC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Faturamento ex-factory (líquido de impostos sobre vendas) do setor HPPC entre 2006 e 2017.....	12
Figura 2 - Contribuição do setor HPPC em investimentos no Brasil (R\$ bilhões)	13
Figura 3 - Distribuição das empresas HPPC no Brasil em dezembro de 2017.....	17
Figura 4 - Tipos de cabelo	20
Figura 5 - Etapas de formação do folículo capilar.....	21
Figura 6 - Representação da estrutura do folículo capilar	22
Figura 7 - Representação das fases de crescimento do cabelo	23
Figura 8 - Representação do corte transversal do fio de cabelo	24
Figura 9 - Representação das camadas da cutícula.....	25
Figura 10 - Esquema de representação da epicutícula.....	25
Figura 11 – Imagens da cutícula do cabelo	26
Figura 12 – Esquema da estrutura do fio de cabelo.....	28
Figura 13 – Representação da estrutura em α -hélice da queratina.....	29
Figura 14 – Representação das ligações dos IF e entre IF e matriz.....	29
Figura 15 - Imagens de microscopia óptica de um fio de cabelo quando aquecido em silicone.....	32
Figura 16 - Reação de quebra das pontes de dissulfeto	35
Figura 17 - Exemplo de resultado obtido no DSC da análise de cabelo humano pela metodologia <i>wet</i> -DSC.....	36
Figura 18 – Fluxograma do processo de preparação das mechas e análise.....	39
Figura 19 – Exemplos dos gráficos obtidos nas análises DSC: acima, gráfico de uma amostra de cabelo liso controle e abaixo, gráfico de uma amostra de cabelo liso danificada termicamente.....	42
Figura 20 – Exemplos dos gráficos obtidos nas análises DSC: acima, gráfico de uma amostra de cabelo crespo controle e abaixo, gráfico de uma amostra de cabelo crespo danificada quimicamente.	43
Figura 21 – Temperatura média de desnaturação proteica de três amostras de cada tipo de cabelo liso castanho (controle, com dano térmico e com dano químico) em °C.....	44
Figura 22 – Entalpia média de desnaturação proteica de três amostras de cada tipo de cabelo liso castanho (controle, com dano térmico e com dano químico) em J/g.	45

Figura 23 —Temperatura média de desnaturação proteica de três amostras de cada tipo de cabelo crespo (controle, com dano térmico e com dano químico) em °C.	46
Figura 24 – Entalpia média de desnaturação proteica de três amostra de cada tipo de cabelo crespo (controle, com dano térmico e com dano químico) em J/g.....	47
Figura 25 – Kit Olaplex.	51
Figura 26 – Kit Wellaplex.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variação anual (%) PIB brasileiro geral versus (%) indústria versus (%) setor HPPC	18
Tabela 2 – Relação das médias de temperatura de desnaturação proteica e entalpia e desvios padrões calculados após leitura de três amostras de cada tipo de cabelo e dano....	44
Tabela 3 – Cálculo p-valor utilizando teste T.....	49
Tabela 4 – Cálculo p-valor utilizando análise ANOVA.	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Os top 10 consumidores mundiais de HPPC (US\$ bilhões)	19
Quadro 2 – Identificação das amostras analisadas.	41

LISTA DE SIGLAS

ABIHPEC	Associação Brasileira
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ANOVA	Análise de Variância
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
DSC	Calorimetria Diferencial de Varredura
HPPC	Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosmética
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IF	Filamentos Intermediários
PIB	Produto Interno Bruto
T _D	Temperatura de Desnaturação

SUMÁRIO

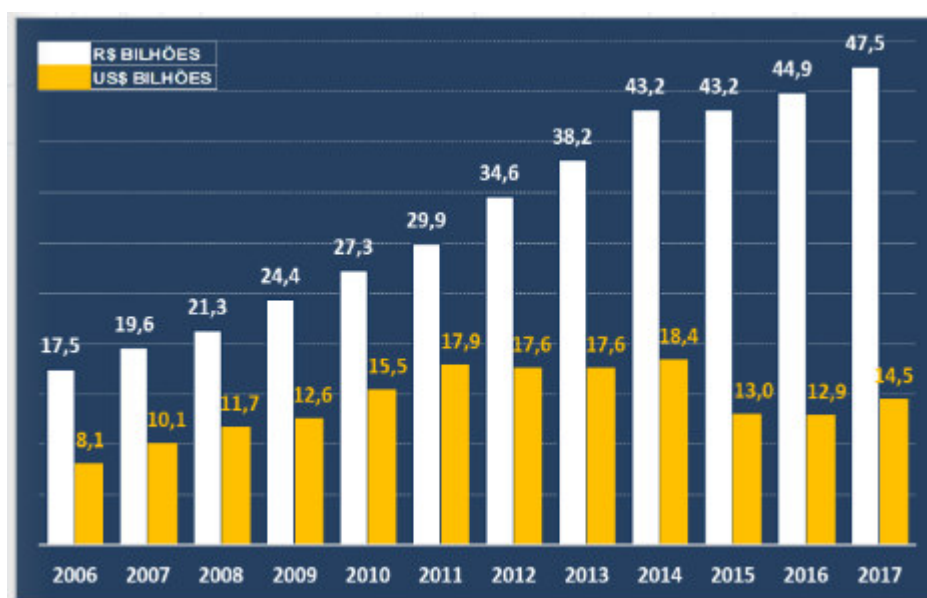
1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	INDÚSTRIA COSMÉTICA.....	15
3.1.1	HISTÓRIA DA COSMÉTICA.....	15
3.1.2	HISTÓRIA DA COSMÉTICA CAPILAR.....	16
3.1.3	PANORAMA DA INDÚSTRIA COSMÉTICA	16
3.2	O CABELO E SEUS CUIDADOS.....	19
3.2.1	TIPOS DE CABELOS.....	19
3.2.2	MORFOLOGIA.....	20
3.2.2.1	FOLÍCULO CAPILAR	21
3.2.2.2	ATIVIDADE CÍCLICA	22
3.2.2.3	MEDULA	23
3.2.2.4	CUTÍCULA	24
3.2.2.5	CÓRTEX	26
3.3	PROPRIEDADES FÍSICAS.....	30
3.4	ESTABILIDADE TÉRMICA DAS PROTEÍNAS	30
3.5	PROPRIEDADES TÉRMICAS	31
3.6	TIPOS DE DANOS AO CABELO	32
3.6.1	DANOS TÉRMICOS	33
3.6.2	DANOS QUÍMICOS.....	33
3.7	TIPOS DE ANÁLISE DE CABELO	35
3.7.1	CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA (DSC)	35
4	MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.1	MATERIAIS.....	37
4.1.1	CABELOS	37
4.1.2	DESCOLORANTES	37
4.1.3	MATERIAIS DE SALÃO	37
4.2	EQUIPAMENTOS	38
4.3	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	38
4.3.1	LAVAGEM DAS MECHAS.....	38
4.3.2.	PESAGEM E SEPARAÇÃO	38
4.3.2	PROCESSOS DE DANO	38
4.3.2.1	DANO TÉRMICO	38

4.3.2.2	DANO QUÍMICO	38
4.3.3	PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DSC	39
4.4	TESTES DE SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA.....	40
5	RESULTADO E DISCUSSÃO	41
5.1	Análise dos dados obtidos	41
5.2.	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM A LITERATURA	48
5.3.	SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	49
5.4.	PREVENÇÃO DE DANOS	50
6.	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

O mercado de produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosmética (HPPC) vem se recuperando de momentos de retração ao redor do mundo. No entanto, quando se refere ao Brasil, este mercado vem apresentando um crescimento constante entre 2006 e 2017. A Figura 1 mostra o comparativo do faturamento ex-factory (líquido de impostos sobre vendas) entre o mercado mundial e o mercado brasileiro.

Figura 1- Faturamento ex-factory (líquido de impostos sobre vendas) do setor HPPC entre 2006 e 2017

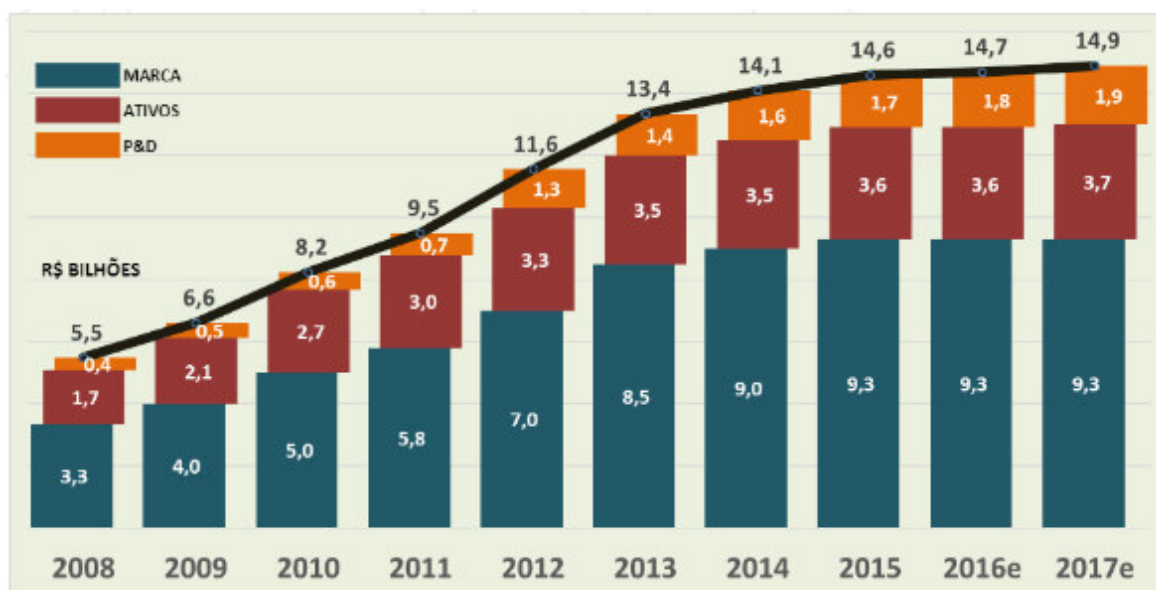


Fonte: (ABIHPEC, 2018b)

O setor HPPC é o maior investidor do setor industrial em comunicação e o segundo maior investidor em inovação no país, sendo assim apresenta um potencial de crescimento ainda maior nos próximos anos. (ABIHPEC, 2018b). Estes investimentos vem crescendo e estão distribuídos principalmente entre marca, ativos e pesquisa e desenvolvimento (P&D), como mostrado na Figura 2. Além disso, o Brasil é considerado um dos maiores mercados de produtos para cabelos no mundo e, por isso, vem sendo amplamente estudado, tanto em variabilidade de tipos de cabelos como hábitos de consumo.

O objetivo da indústria é desenvolver cada vez mais produtos que tenham desempenho e sensorial, dentro da faixa de custo acessível ao público alvo e ainda assim lucrativo. Para isso, é necessário inovar em formulações e aprofundar o conhecimento sobre o fio de cabelo e couro cabeludo.

Figura 2 - Contribuição do setor HPPC em investimentos no Brasil (R\$ bilhões)



Fonte: (ABIHPEC, 2018b).

Os cabelos estão constantemente sofrendo danos, sejam eles ambientais, físicos ou químicos. Quanto mais os cabelos são submetidos a tipos de tratamento como alisamento, cachos ou coloração, os danos aumentam. Estes danos podem ser medidos de diferentes formas e possibilitam que os produtos desenvolvidos sejam cada vez mais eficazes e capazes de manter os fios saudáveis. Uma destas metodologias é a calorimetria diferencial de varredura (DSC) que estuda o comportamento térmico do fio de cabelo.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo empregar a metodologia de análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) para avaliar os possíveis danos sofridos pelos cabelos lisos e crespos quando submetidos aos danos químicos da descoloração e aos danos térmicos da aplicação da chapinha.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os danos à α -queratina do cabelo quando aplicados dois tipos de danos diferentes. Foram analisados os tipos de cabelos liso e crespo. Os tratamentos avaliados foram a descoloração química dos fios e o tratamento térmico da aplicação de chapinha. A metodologia de análise utilizada foi a calorimetria diferencial de varredura (DSC) para identificação de variações na temperatura de desnaturação da queratina. Os resultados obtidos foram então comparados a fim de avaliar a eficácia do método escolhido na medição dos danos causados pelos tratamentos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INDÚSTRIA COSMÉTICA

Segundo a definição da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), na resolução RDC 211 (2005, p.4), produtos de higiene pessoal, perfumes e cosméticos (HPPC) são:

...preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e ou corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado.

A indústria HPPC, segmentação da indústria química, visa a manipulação de fórmulas que podem ser de:

- a) Higiene pessoal: como desodorantes, sabonetes, produtos de barbear, higiene oral, higiene capilar, fraldas e absorventes, etc.
- b) Cosméticos: como cremes e loções de pele, depilatórios, protetores solares, coloração capilar, tratamento capilar, modeladores e fixadores e maquiagem.
- c) Perfumaria: colônias e perfumes, extratos, etc.

3.1.1 HISTÓRIA DA COSMÉTICA

O registro histórico da cosmética inicia-se com os homens pré-históricos que tinham como tradição as pinturas: não só faziam pinturas nas rochas e nas cavernas, mas também pintavam seus corpos. Rituais de diversas tribos aborígenes possuíam pinturas corporais para determinadas situações, como as guerras. No entanto, os primeiros relatos do uso de cosméticos em larga escala ocorreu somente com os egípcios. (COHEN, 1999)

As igrejas também construíram parte desta história, com suas cerimônias onde incensos eram queimados e resinas perfumadas eram utilizadas. (SCHULLER; ROMANOWSKI, 2001)

3.1.2 HISTÓRIA DA COSMÉTICA CAPILAR

Nossos ancestrais primitivos necessitavam de pelos no corpo por questões de sobrevivência, como por exemplo, para proteção contra agressões externas e também para o aquecimento. Com a mudança de hábitos e a migração do homem das florestas para a savana, esta necessidade já não mais existia, e assim, os pelos do corpo se tornaram mais curtos e com a exposição ao sol, mais claros. Os pelos do corpo que se mantiveram possuem funções diferenciadas, sejam associados a zonas produtoras de odor como regiões genitais e axilas, ou para proteção ao sol como na presença de sobrancelhas, cílios e pelos do couro cabeludo, do humano que agora caminhava de duas pernas (WILKINSON; MOORE, 1990). Além das necessidades biológicas, existe também uma grande importância social e psicológica que foi se desenvolvendo ao longo dos séculos para os cabelos.

Existem relatos antigos que mostram que Aristóteles notou que os eunucos nunca perdiam cabelo. Júlio César, por sua vez, utilizava constantemente sua coroa para esconder sua calvície de Cleópatra. (HALAL, 2012)

Nas religiões, encontramos também referências importantes ao cabelo humano. Na Bíblia, por exemplo, Sansão possuía sua força conectada ao seu cabelo, e cortá-lo causaria a perda desta. Em algumas religiões é exigido que se remova por completo o cabelo de quem a segue. Já em outras, cortar o cabelo não é permitido. (HALAL, 2012)

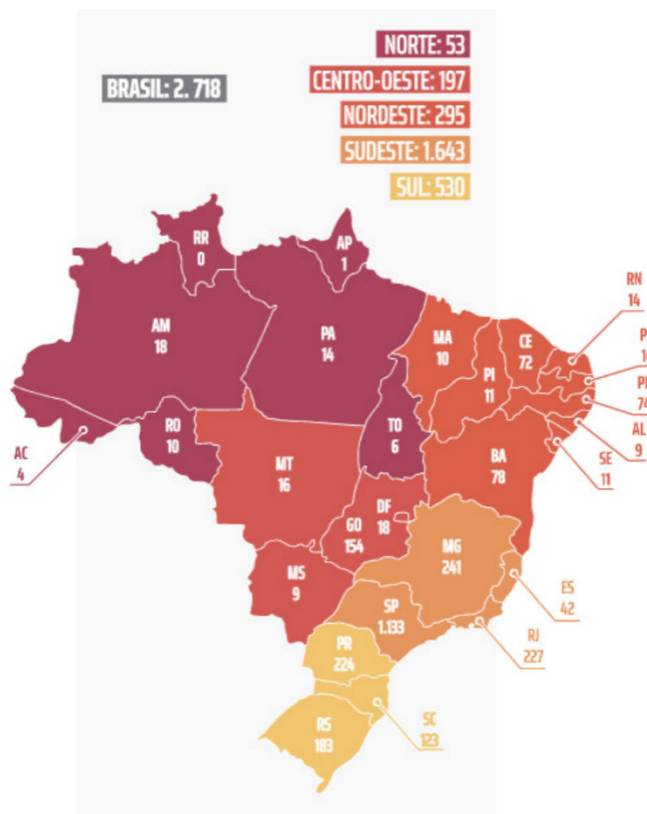
3.1.3 PANORAMA DA INDÚSTRIA COSMÉTICA

O setor cosmético apresenta grande diversidade. Apesar de dominado por grandes corporações como Unilever, Procter & Gamble, Johnson & Johnson e Colgate-Palmolive, é grande a presença de empresas de médio e pequeno porte graças à baixa complexidade técnica. No entanto, existe uma grande complexidade de negócio: uma indústria que necessita de constantes inovações, que acompanha as tendências mundiais e que se diversifica quanto ao público alvo. (BNDES, 2007)

Muitas investem na variedade de portfólio, trabalhando com diversificação dos produtos (Unilever, por exemplo), enquanto muitas outras preferem trabalhar em apenas alguns dos segmentos (L'Oréal, Shiseido e Revlon). Há grande variedade também nos canais de venda, que vão desde supermercados e farmácias, canais digitais e à venda direta (Avon, Mary Kay e Natura) (BNDES, 2007).

No Brasil, a indústria cosmética aparece como setor essencial, apresentando 2.718 empresas atuantes no segmento HPPC em dezembro de 2017. A Figura 3 mostra a distribuição das empresas entre as diversas regiões do Brasil.

Figura 3 - Distribuição das empresas HPPC no Brasil em dezembro de 2017



Fonte: (ABIHPEC, 2018a)

A visão do consumidor brasileiro foi estudada pela Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) em fevereiro de 2017 e mostrou que dentre as principais percepções sobre o setor estão:

- A importância dos cuidados pessoais para a prevenção de doenças;
- A relevância destes produtos para a autoestima e
- A importância do setor na geração de empregos e renda.

O último fator mostrou-se verdade pois as oportunidades de trabalho chegaram a 5,6 milhões em 2017. O setor cosmético é ainda o maior investidor em comunicação e o segundo maior investidor em inovação. (BNDES, 2007)

O Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro apresentou crescimento em 2017, após dois anos consecutivos de queda, e chegou ao valor de R\$ 6,6 trilhões, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Já a indústria brasileira, após três anos de

queda, ficou estagnada. O segmento cosmético, quando comparado à indústria geral, apresentava crescimento mais vigoroso entre 2008 e 2014 e apresentou em 2017 crescimento acima da economia, contudo, não suficiente para neutralizar as perdas no forte período de recessão que vinha sofrendo anteriormente. (ABIHPEC, 2018b) A Tabela 1 mostra a variação anual percentual do PIB brasileiro geral comparado à participação da indústria e à participação do setor HPPC.

Tabela 1 - Variação anual (%) PIB brasileiro geral versus (%) indústria versus (%) setor HPPC

	PIB	INDÚSTRIA GERAL	SETOR DEFLACIONADO
2008	5,2	3,1	5,5
2009	-0,3	-7,4	9,6
2010	7,5	10,5	10,5
2011	2,7	0,4	6,3
2012	0,9	-2,5	8,8
2013	2,3	1,2	5,3
2014	0,1	-1,2	7,0
2015	-3,8	-8,3	-9,3
2016	-3,6	-6,6	-6,3
2017	1,0	0,2	2,8
Médio composto últimos 10 anos	1,1	-1,2	3,8

Fonte: (ABIHPEC, 2018b)

Existe uma forte relação entre o consumo *per capita* no setor e a renda *per capita*. Sendo assim, um impacto positivo na renda, causa um aumento nas vendas, enquanto sua diminuição causa uma retração (BNDES, 2007). O Quadro 1 mostra os 10 maiores consumidores mundiais de HPPC do ano de 2017 em US\$ bilhões.

Quadro 1 – Os top 10 consumidores mundiais de HPPC (US\$ bilhões)

País	Consumo HPPC (US\$ bilhões)
Estados Unidos	86,1 (18,5%)
China	53,5 (11,5%)
Japão	36,1 (7,8%)
Brasil	32,1 (6,9%)
Alemanha	18,6 (4,0%)
Reino Unido	16,4 (3,5%)
França	14,5 (3,1%)
Índia	13,6 (2,9%)
Coreia do Sul	12,6 (2,7%)
Itália	11,2 (2,4%)

Fonte: (ABIHPEC, 2018b)

O Brasil, apesar de ter sofrido retração na economia, permanece como 4º maior mercado de HPPC no mundo, tendo faturamento de R\$102,5 bilhões em 2017 e participação de 6,9% no mercado global. Além disso, o Brasil aparece como 3º maior mercado em cuidados para cabelos e higiene oral. Na América Latina, o Brasil representa sozinho 49% do mercado. (ABIHPEC, 2018a)

3.2 O CABELO E SEUS CUIDADOS

3.2.1 TIPOS DE CABELOS

O primeiro tipo de classificação que pode ser feita é de acordo com a raça: caucasiano, oriental e negroide, de acordo com a história destes povos. (ROBBINS, 2002)

Entretanto, este tipo de divisão não é suficiente devido à grande variabilidade do cabelo humano, seja por seu formato e cor, visíveis aos olhos, ou por sua complexidade, quando falamos de suas propriedades físicas, químicas e seu diâmetro, por exemplo. A Figura 4 mostra os principais tipos de cabelo.

Figura 4 - Tipos de cabelo



Fonte: (DE LA METTRIE et al., 2007)

Uma classificação das classificações feitas e muito utilizadas é a de De La Mettrie (2007), que leva em consideração o menor diâmetro de curvatura (CD), a razão do comprimento do cabelo esticado pelo comprimento do cabelo sem nenhuma tensão aplicada (i), o número de torções (t) e número de ondas (w), para classificar os tipos de cabelos.

Os cabelos analisados foram de pessoas de diferentes regiões do mundo, e de cada pessoa foram analisadas mechas de três diferentes partes da cabeça. Os tipos 1 e 2 são cabelos lisos com pouquíssimas ondulações, encontrados em sua maioria na Ásia e Europa (Alemanha, Dinamarca e Polônia). Os cabelos entre os tipos 3 e 4 são considerados cacheados, pois apresentam curvatura mais aberta. Já os tipos 5 a 8 são cabelos crespos com diferentes níveis de curvatura e cachos.

Os tipos de 1 a 3 são bem distribuídos pelo mundo. O estudo também mostrou que o tipo 1 não é exclusivo de asiáticos, pois representa grande parte da população da Alemanha e Dinamarca, por exemplo. No estudo identificou-se um destaque para o Brasil, país que apresentou seis dos oito tipos de cabelo, mostrando uma grande diversidade, consequência da nossa colonização.

3.2.2 MORFOLOGIA

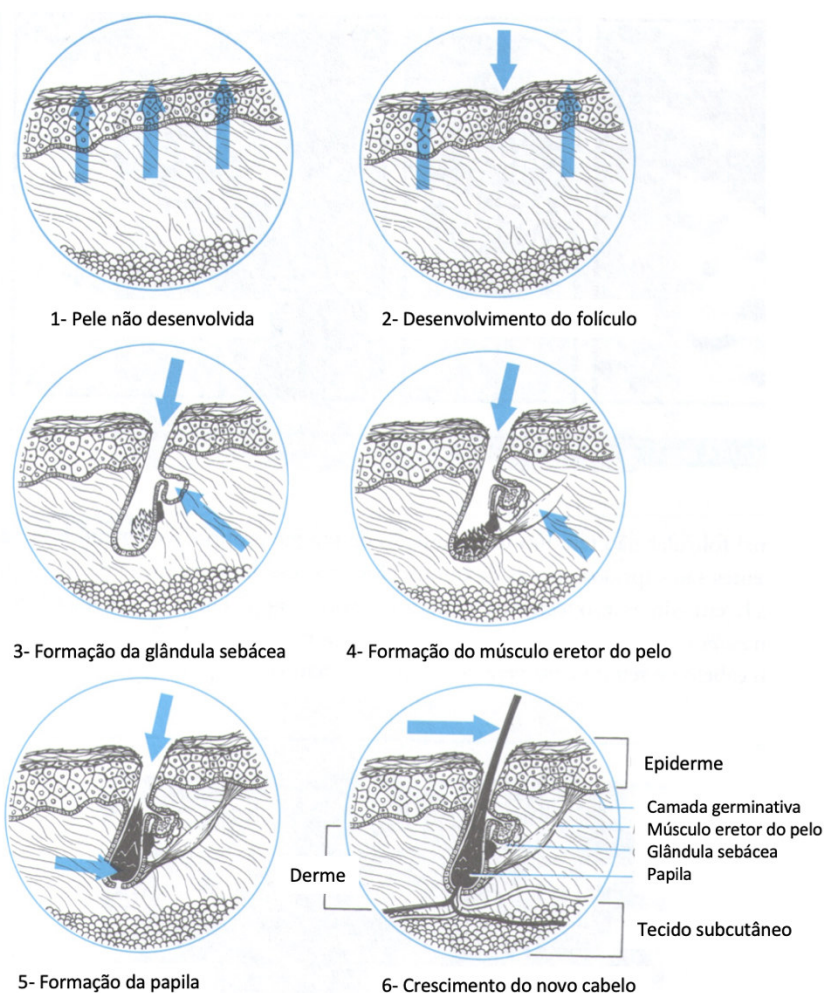
O cabelo é composto pelo folículo (raiz) e o fio de cabelo (haste). O folículo é a fonte produtora do fio, sendo responsável pela sua aparência, estrutura e formato. O fio, por

sua vez se divide em córtex, cutícula e medula. Outro fator importante é o chamado ciclo de crescimento capilar, responsável pelo surgimento e crescimento do fio.

3.2.2.1 FOLÍCULO CAPILAR

Cada pessoa possui cerca de cem mil folículos capilares no couro cabeludo. Cada folículo procede de uma interação da derme com a epiderme. As etapas de formação do folículo capilar podem ser visualizadas na Figura 5. Primeiramente, parte da epiderme, camada externa da pele, cresce no sentido da derme, camada subsequente, em um processo de invaginação. Este então cria um canal chamado folículo, localizado bem profundamente na derme, logo acima da região subcutânea. Este processo de formação de folículo ocorre, em média, cerca de cinco milhões de vezes no corpo humano (HALAL, 2012).

Figura 5 - Etapas de formação do folículo capilar

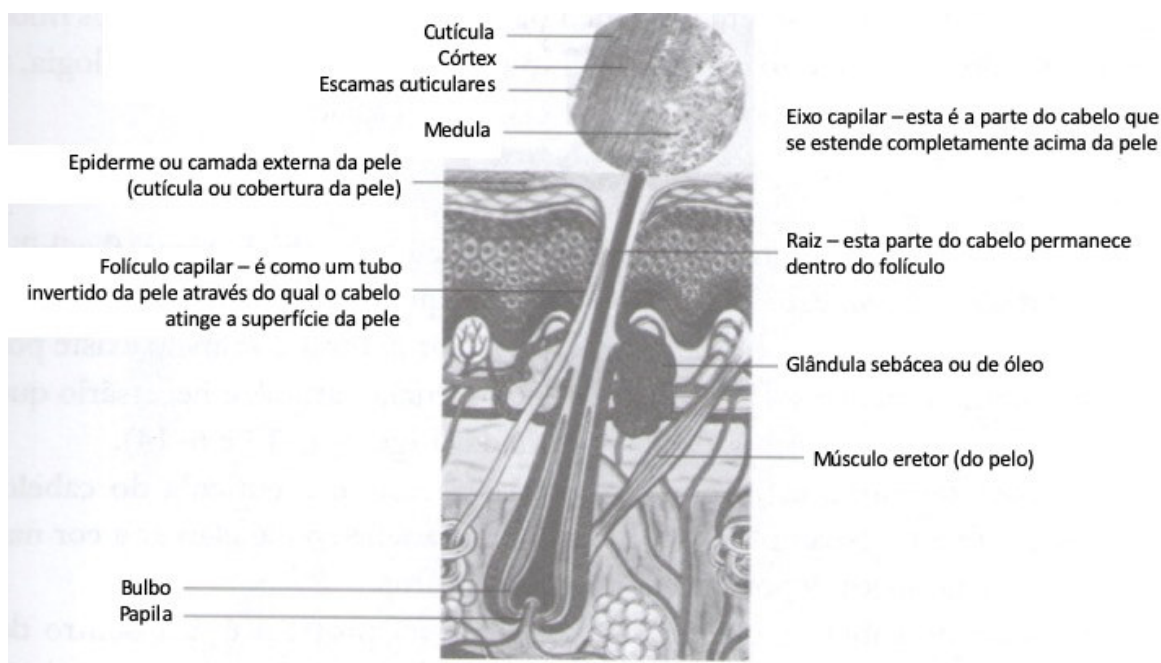


Fonte: (HALAL, 2012)

A parte da derme que recua neste folículo é chamada derme papilar e é responsável por fornecer nutrientes e oxigênio na região. A epiderme eventualmente envolve completamente a papila formando o bulbo capilar, região que pode ser vista a olho nu, por exemplo, quando um fio de cabelo é arrancado (HALAL, 2012).

A raiz do cabelo ainda conta com outras protuberâncias ao seu redor, como, por exemplo, glândulas sebáceas, responsáveis por produzir sebo que lubrifica e condiciona o fio de cabelo. (HALAL, 2012) A Figura 6 mostra as principais estruturas presentes no folículo capilar.

Figura 6 - Representação da estrutura do folículo capilar



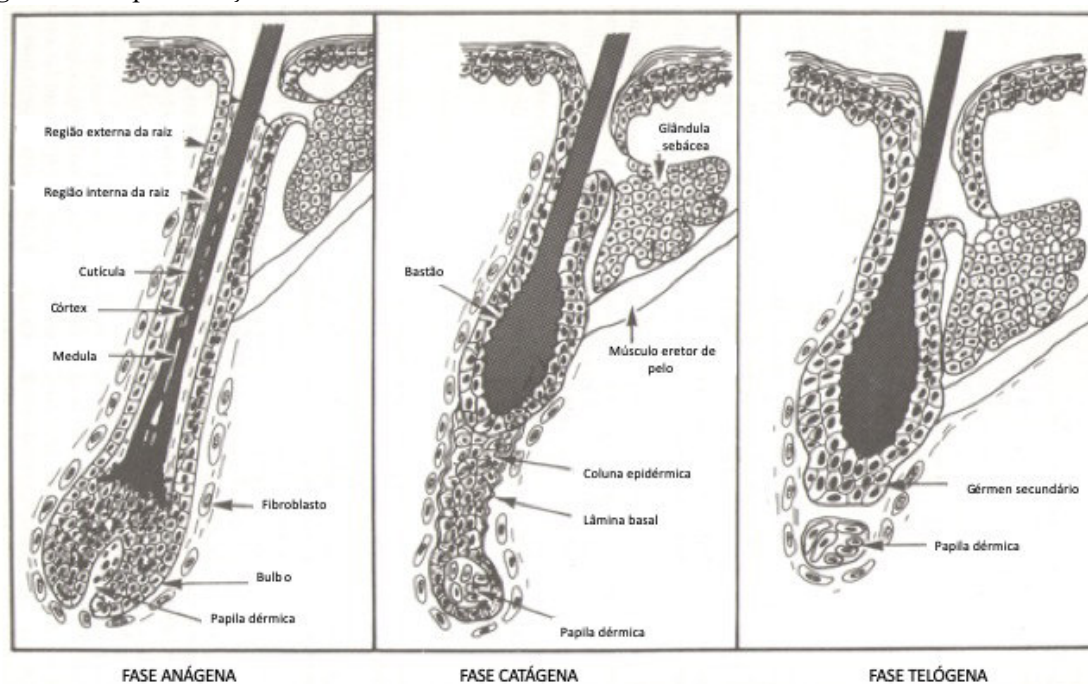
Fonte: (HALAL, 2012)

3.2.2.2 ATIVIDADE CÍCLICA

A atividade cíclica do cabelo é composta por três fases: anágena, catágena e telógena. Na primeira fase, a anágena, o fio é formado, ou seja, ele cresce. Esta fase pode durar de dois a seis anos e o cabelo pode crescer até 100 cm. A fase seguinte, catágena, pode ser considerada uma fase de transição, quando o fio se desloca mais para a superfície da pele e dura cerca de duas a três semanas. Na última fase, telógena, o estágio de descanso, o fio está completamente formado e preso à pele. No final deste período, um novo fio começa a ser formado e o fio antigo se desprende e cai para o novo fio crescer. A duração de cada uma

das fases varia de acordo com a espécie (humana, por exemplo) e também com a região onde o fio está localizado. No couro cabeludo, a fase anágena pode durar três anos ou mais (ROBBINS, 2002). A Figura 7 mostra a representação das fases de crescimento do cabelo.

Figura 7 - Representação das fases de crescimento do cabelo

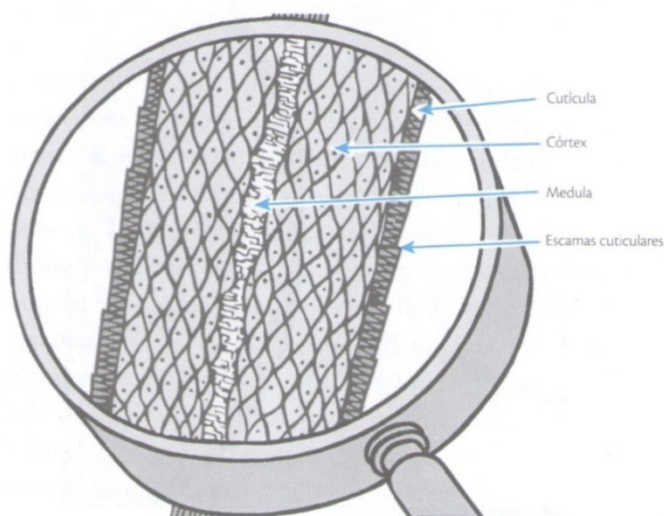


Fonte: (WILKINSON; MOORE, 1990)

3.2.2.3 MEDULA

A medula é a parte mais interna do eixo capilar que alguns fios possuem. A medula é essencialmente cilíndrica e vazia, uma parte oca dentro do fio, como representado na Figura 8. Nem todos os fios possuem medula. Em geral fios mais grossos são os que possuem medula, como os pelos da barba, enquanto os fios mais finos e loiros não a possuem (HALAL, 2012).

Figura 8 - Representação do corte transversal do fio de cabelo



Fonte: (HALAL, 2012)

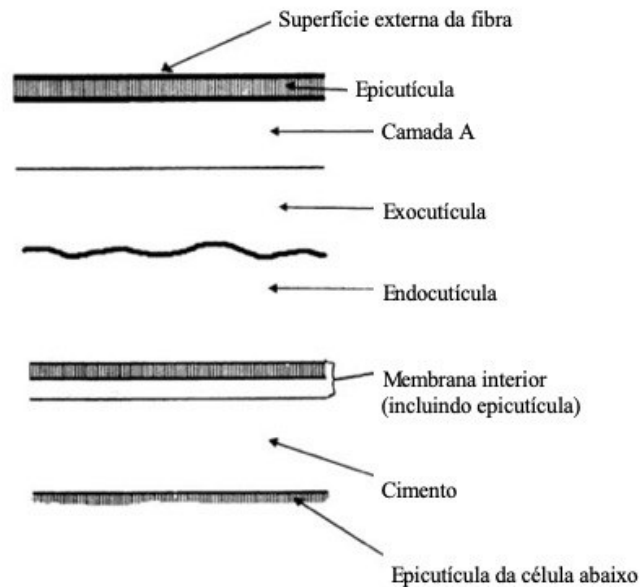
3.2.2.4 CUTÍCULA

Envolvendo o córtex estão camadas sobrepostas, de maneira similar a escamas, chamadas de cutícula. As células da cutícula formam placas muito finas que possuem em média 50 x 50 μm de superfície e 0,5 μm de espessura. (HALAL, 2012) O número de camadas sobrepostas pode variar entre oito e onze. (WILKINSON; MOORE, 1990) (ROBBINS; CRAWFORD, 1991). A Figura 9 mostra a representação das camadas da cutícula. Cada célula que compõe a cutícula contém uma membrana externa, chamada epicutícula (Figura 10), além de outras camadas:

- a) Camada A: estrutura resistente com aproximadamente 30% de cistina. As ligações cruzadas conferem resistência física e química aos cabelos;
- b) Exocutícula: ou camada B, é rígida, mas menos que a camada A e apresenta cerca de 15% de cistina;
- c) Endocutícula: pouco conteúdo de cistina. Esta camada pode inchar em contato com água, modificando algumas propriedades do cabelo quando úmido quando comparado ao cabelo seco, como quebra e coeficiente de fricção;
- d) Complexo da membrana celular (CMC): células que separam todas as células da cutícula. Um dos lipídios mais importantes e que contribui para a penteabilidade a seco e a úmido apresenta-se na CMC, o ácido 18-metil eicosaioco (18-MEA);

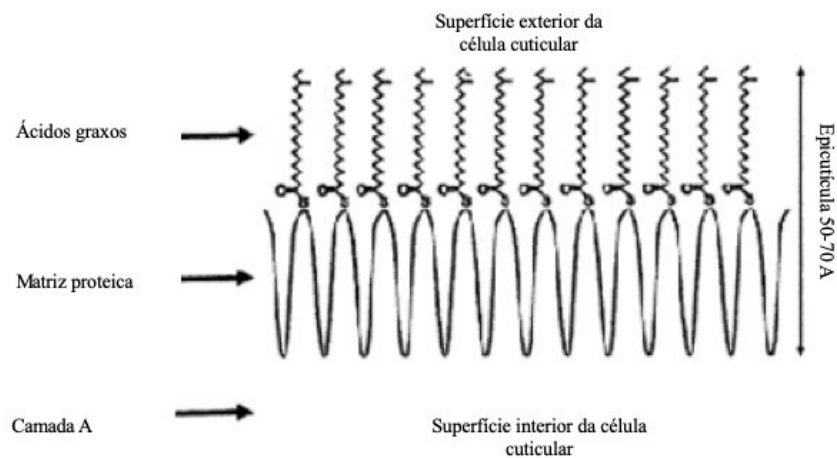
- e) Epicutícula: é a camada mais externa e muito relevante quando olhamos no ponto de deposição de polímeros em cosméticos;
- f) Camada F: camada de 18-MEA que reveste a epicutícula.

Figura 9 - Representação das camadas da cutícula



Fonte: (ROBBINS, 2002).

Figura 10 - Esquema de representação da epicutícula

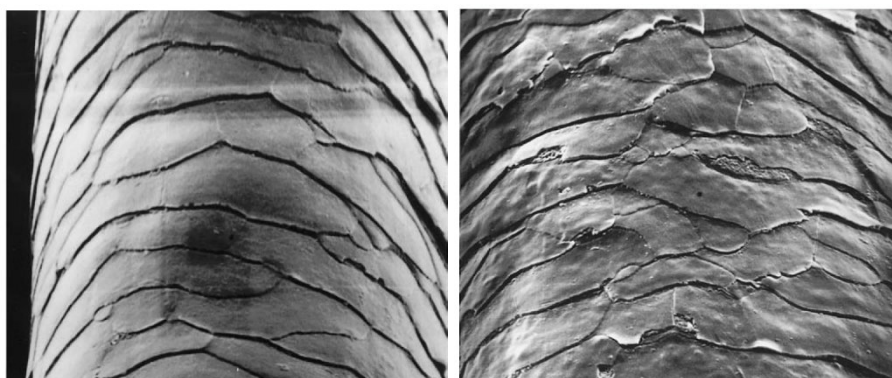


Fonte: (NEGGRI; CORNELL; RIVETT, 1993)

A função da cutícula é proteger o córtex em seu interior, região mais frágil, tanto de danos do dia a dia quanto de danos mais severos, como tratamentos químicos. Entretanto, é possível abrir as cutículas do cabelo de modo a modificar o córtex, utilizando, por exemplo, pH alto e temperatura. Um cabelo com cutícula saudável possui superfície hidrofóbica (superfície revestida por lipídeos – ácidos graxos), que pode interagir com muitos ingredientes comumente encontrados em cosméticos, como silicones, óleos e polímeros. (VELASCO, M. V. R. et al., 2009)

O estado da cutícula também influencia a aparência do cabelo, em propriedades como brilho e maciez. A Figura 11 apresenta à esquerda uma imagem de uma cutícula alinhada, enquanto a imagem à direita mostra uma cutícula danificada pelos processos mecânicos naturais como pentear, lavar e escovar.

Figura 11 – Imagens da cutícula do cabelo



Fonte: (ROBBINS, 2002)

3.2.2.5 CÓRTEX

De acordo com Bouillon e Wilkinson (2005), o córtex representa a maior parte do cabelo, cerca de 80%, e é composto de células feitas de material proteico de alta organização, que darão ao fio propriedades mecânicas únicas.

As células do córtex possuem formato fusiforme, mas variam em tamanho e se alinham em orientação axial nas fibras. Possuem comprimento em torno de 100µm e diâmetro de 2 a 5µm. Cada tipo de célula produz um tipo de composição proteica, que podem variar de acordo com o tipo de fio, por exemplo, lã e cabelos humanos. Para o cabelo humano, ainda são incertos os tipos de distribuição de células, mas acredita-se que o grau de

curvatura de cabelos cacheados seja consequência desta distribuição. As células do córtex são formadas de macrofibrilos, separados por membranas.

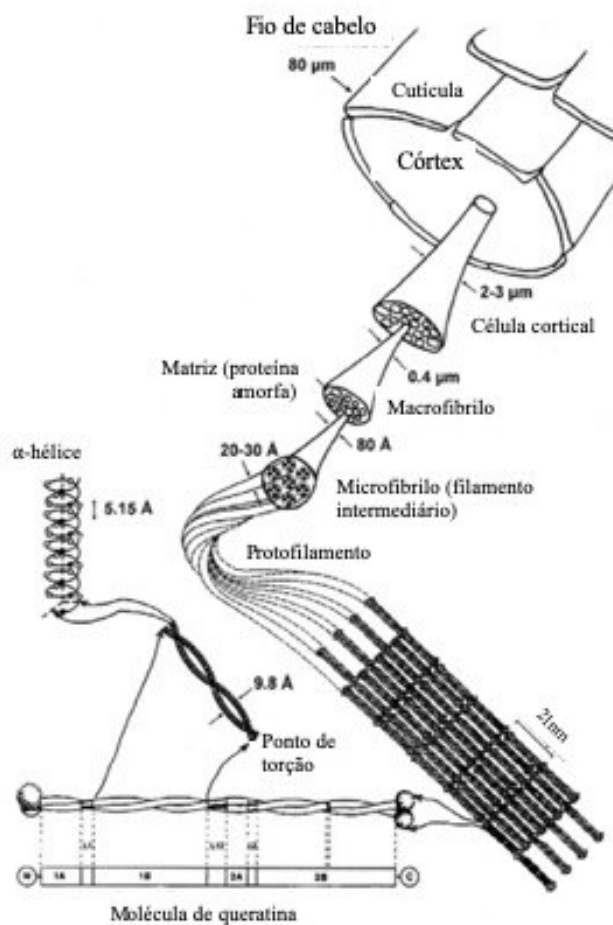
Os macrofibrilos são hastes que possuem poucos micrômetros de comprimento e entre 0,1 e 0,4 μ m de diâmetros e se alinham de forma axial no fio de cabelo. Estas hastes são compostas de microfibrilos, chamados de filamentos intermediários (IF), que são regiões proteicas de alta organização e estão dispersos, de maneira parcialmente organizada, em uma matriz proteica amorfa, que chega a representar cerca de 40% em massa.

Os filamentos intermediários são cadeias de queratinas, um tipo de proteína, altamente estruturadas que se cristalizam e associam. Este processo pode ser entendido em quatro etapas:

- a) a formação da estrutura α -hélice;
- b) a associação em dímeros do tipo I (ácidas) e tipo II (básicas ou neutras) de queratinas;
- c) a agregação de dois dímeros formando um tetrâmero e, finalmente,
- d) a formação de uma estrutura pseudo-hexagonal, chamado IF, pela associação de sete ou oito tetrâmeros.

A Figura 12 mostra uma representação da estrutura do fio de cabelo e as subdivisões do córtex.

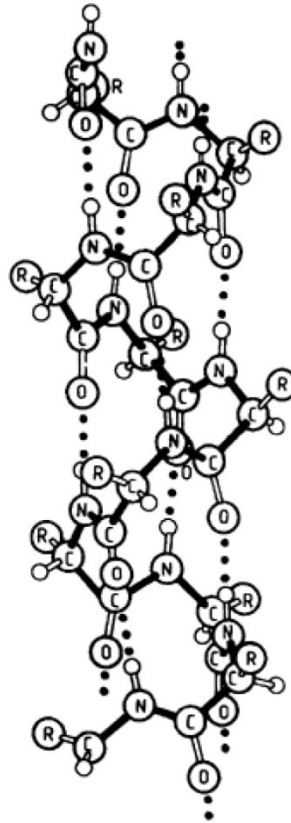
Figura 12 – Esquema da estrutura do fio de cabelo



Fonte: (FRANBOURG et al., 2003).

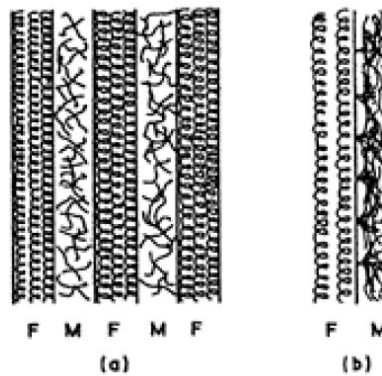
As estruturas em α -hélice da queratina contêm 3,7 aminoácidos por volta e se estabilizam por ligações N-H e C=O, como representado na Figura 13. A estabilização intra e inter-filamentos, como mostrado por estudos com difratometria de raios X, ocorre na matriz amorfa, que contém γ -queratina, rica no aminoácido cistina e que proporciona ligações dissulfídicas (Figura 14). (DE PAULA, 2001)

Figura 13 – Representação da estrutura em α -hélice da queratina



Fonte: (BOUILLON; WILKINSON, 2005)

Figura 14 – Representação das ligações dos IF e entre IF e matriz



Fonte: (CHAPMAN, 1969)

Esta estrutura de queratina nos filamentos intermediários é constante (identificação por difratometria de raios X), sendo a mesma identificada tanto para cabelo humano, quanto para lã e crina, por exemplo. A estrutura também é muito resistente e foi constante também até para uma múmia, com idade de 3500 anos. (BOUILLON; WILKINSON, 2005)

3.2.3 COR DO CABELO

A cor dos cabelos é dada pela melanina que se encontra distribuída na forma de grânulos compostos de pigmentos, proteínas e minerais que variam entre comprimento de 0,2 e 0,8 μ m e entre 0,1 e 0,5 μ m na espessura. Esta distribuição ocorre maneira aleatória na região do córtex. A melanina ocorre em dois tipos, a eumelanina, variando em cor do preto ao marrom e a feomelanina, variando entre o amarelo e o marrom-avermelhado. (NOGUEIRA, 2008).

As melaninas são difíceis de serem degradadas, pois suas unidades estruturais estão unidas por ligações não-hidrolisáveis, ocorrendo somente esta degradação sob condições drásticas como fusão alcalina a 250°C ou oxidação com permanganato, que levam os pigmentos a serem quebrados em fragmentos não estruturados. No cabelo, a compactação da queratina dificulta muito o isolamento da melanina, tornando difícil o estudo de sua estrutura. (NOGUEIRA, 2008)

3.3 PROPRIEDADES FÍSICAS

As propriedades físicas do cabelo derivam da combinação das propriedades de cada fibra individualmente (BOUILLON; WILKINSON, 2005) e está conectada às condições e aparência do cabelo, sendo o ponto a ser melhorado com tratamentos cosméticos. Além disso, o estudo das propriedades físicas do cabelo permite entender como o fio é afetado por tratamentos ou mudanças ambientais.

Métodos que avaliam o interior do fio proporcionam informações sobre a estrutura capilar e interferem na qualidade da fibra. Outros métodos de avaliação olham para a superfície do fio e refletem em diferentes propriedades de aparência, como o brilho, por exemplo.

Diversos métodos são aplicados para medir propriedades mecânicas do fio, dentre eles tensão e torção, por exemplo. Avaliam-se também os efeitos da água, variações étnicas, variações na cutícula e também o efeito da temperatura nessas propriedades. Para avaliação da superfície são utilizados métodos como fricção e molhabilidade.

3.4 ESTABILIDADE TÉRMICA DAS PROTEÍNAS

A queratina, como as demais proteínas, é classificada como uma macromolécula, cuja conformação de forma é altamente importante para sua função. A complexa estrutura proteica se organiza em diferentes níveis:

- a) Estrutura primária: estabilização por meio de ligações químicas covalentes que formam a estrutura proteica;
- b) Estrutura secundária: estabilização por meio de ligações de hidrogênio e ligações dissulfídicas, que formam as estruturas de α -hélice ou folha- β das proteínas.
- c) Estrutura terciária: conformação 3D, importante para a função da proteína;
- d) Estrutura quaternária: junção de duas moléculas de proteína.

A desconformação da proteína gera a perda de sua função, processo que é chamado de desnaturação e ocorre para a α -queratina entre 130°C e 150°C. Uma desnaturação proteica não envolve necessariamente a quebra das ligações da molécula, mas sim a mudança, reversível ou irreversível, da forma desta. Uma forma irreversível de desnaturação e perda da estabilidade proteica é por aquecimento. Sendo a queratina uma proteína, esta é influenciada pela temperatura. (ISTRATE, 2011)

Poucos estudos foram feitos até o momento para entender a termodinâmica de fibras proteicas, como a α -queratina. Proteínas em forma de fibras se diferem das em grânulos, pois apresentam estrutura longa e de alto peso molecular. Além da α -queratina, neste grupo se encontram também proteínas como o colágeno. (ISTRATE, 2011)

3.5 PROPRIEDADES TÉRMICAS

As propriedades térmicas do cabelo avaliam o comportamento da estrutura capilar quando submetida a uma variação crescente de temperatura. Estas informações podem verificar as influências das variações de temperatura em outras propriedades como tração, torção e volume específico ou servir para caracterizar a estrutura, modificada quimicamente ou não, da fibra pelo aquecimento. (BOUILLON; WILKINSON, 2005) A Figura 15 mostra o que ocorre no interior do fio de cabelo quando este é aquecido.

Diferentes metodologias de análise térmica têm sido utilizadas para estudar o cabelo humano como análise termogravimétrica (TGA), análise térmica diferencial (DTA) e calorimetria diferencial de varredura (DSC). Quando aquecido até 300°C, por meio dessas metodologias é possível identificar alguns eventos:

1. Perda de água livre ocorrendo a 100°C;
2. Evaporação de moléculas de água ligadas fortemente a estrutura ocorrendo a 135°C;
3. Transição vítrea com temperatura dependendo do conteúdo de água;
4. Transição endotérmica (fusão da região cristalina da α -queratina) ocorrendo entre 230 e 250°C;
5. A temperaturas superiores ocorre uma rápida perda de massa devido a decomposição do material. (ISTRATE, 2011)

Figura 15 - Imagens de microscopia óptica de um fio de cabelo quando aquecido em silicone.



Fonte: (ISTRATE, 2011)

3.6 TIPOS DE DANOS AO CABELO

Os cabelos estão constantemente sendo submetidos às condições do ambiente como umidade e exposição ao sol. Diariamente, eles sofrem com leves agressões como escovação, a temperatura da água de banho, produtos como shampoos e condicionadores, o uso de secadores e chapinhas. Todas as pequenas variações diárias influenciam a saúde do cabelo e sua aparência. Além disso, existem diversos tratamentos cosméticos disponíveis para alisar, enrolar e mudar a cor dos fios, por exemplo, que causam danos mais severos. (SWIFT, 1999) (TATE, 1993)

O cabelo é revestido por uma camada lipídica, e ela, quando removida pode expor o córtex, permitindo que o cabelo possa sofrer quebra.

3.6.1 DANOS TÉRMICOS

A modelagem dos fios ocorre há muitas décadas, sendo o principal princípio umedecer o cabelo e depois secá-lo para manter a forma desejada. Estes costumes exigiram a invenção de equipamentos como secadores, chapinhas e modeladores de cachos que foram evoluindo com o tempo. (BOUILLON; WILKINSON, 2005)

Na década de 70, introduziu-se a secagem por secadores e escovas e deixou-se para trás os cabelos enrolados. Já nos anos 80, os cabelos encurtaram e eram lavados com mais frequência. Em 1990, buscou-se um cabelo mais natural, com produtos mais leves e sem resíduos. No entanto, a modelagem dos fios deveria ser mais sofisticada e marcada requerendo modeladores aquecidos. (BOUILLON; WILKINSON, 2005)

Os cabelos são elásticos devido à estrutura da queratina e por isso podem ser esticados e, como materiais elásticos, retornam ao seu estado natural. A duração desse alongamento irá variar de acordo com o método utilizado para esticar o fio, como por exemplo, o fio seco ou úmido, a quente ou a frio, com auxílio de produtos ou não. (BOUILLON; WILKINSON, 2005)

Secadores, chapinhas e os modeladores de cachos são ferramentas utilizadas não somente por profissionais, mas amplamente utilizadas no dia-a-dia. As ferramentas se aquecem e transmitem o calor para o fio afim de modificá-lo. Esta modificação é de curta duração, podendo permanecer por horas ou alguns dias. Usualmente, o contato com água proporciona que o cabelo volte ao seu estado natural mais rapidamente.

Contudo, a utilização dessas técnicas pode proporcionar alterações no fio que serão irreversíveis. Estudos mostram o dano que pode ser feito ao córtex quando este é aquecido acima de 200°C de temperatura (temperatura facilmente atingida por um modelador, como a chapinha), este perde parte de sua camada externa, a cutícula, e expõe o córtex. (ZHOU et al, 2011) Como consequência do aquecimento da queratina, temos sua desnaturação e assim a perda suas características e propriedades. (ISTRATE, 2011)

3.6.2 DANOS QUÍMICOS

Para um resultado mais duradouro, foram criados produtos cosméticos que agem não somente de maneira superficial e temporária dos fios, mas modificam sua estrutura química. Esses processos envolvem reações de redução e oxidação das moléculas que formam o fio de cabelo.

Processos como alisamento químico e permanentes envolvem reações de redução, que quebram as ligações dissulfídicas na estrutura capilar e ao mesmo tempo reorientam as moléculas de modo a mantê-las na forma desejada. É necessário neutralizar a reação posteriormente. (ROBBINS, 2002)

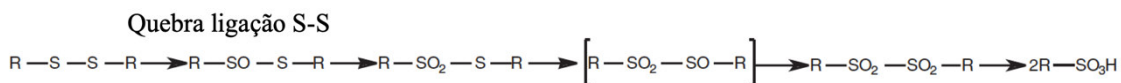
O processo de descoloração dos cabelos é amplamente conhecido e estudado ao redor do mundo. A reação envolvida no processo consiste em uma reação de oxidação.

Como a cor do cabelo é dada graças à presença da melanina na estrutura do córtex, a reação de quebra destes grânulos pode causar também a quebra de outros componentes da matriz, do córtex e da cutícula do cabelo. (ROBBINS, 2002) (WOLFRAM; HALL; HUI, 1969) (ZAHN; HILTERHAUS; STRUBMANN, 1986)

A descoloração ocorre em duas etapas: primeiro, os grânulos de melanina são quebrados para então perderem a cor. (WOLFRAM; HALL; HUI, 1969) A quebra dos grânulos é relacionada com a quebra das ligações dissulfídicas presentes no aminoácido cistina, na proteína da melanina (ZAHN; HILTERHAUS; STRUBMANN, 1986). Como as ligações dissulfídicas também estão presentes na matriz e cutícula do fio, estas também podem ser quebradas, enfraquecendo o cabelo (ROBBINS, 2002). Cerca de 15% a 25% das ligações S-S são quebradas durante um processo comum de descoloração. Este valor pode chegar a 45% quando cabelos mais escuros são descoloridos a tons muito claros. (ROBBINS; KELLY, 1969)

O agente oxidante mais comumente utilizado é o peróxido de hidrogênio. (ZAHN; HILTERHAUS; STRUBMANN, 1986) Diversos reagentes foram testados para solubilizar a melanina, mas nenhum com efeito, exceto o peróxido de hidrogênio. (WOLFRAM; HALL; HUI, 1969) Produtos para descoloração dos cabelos geralmente envolvem três principais componentes: uma base alcalina, o peróxido de hidrogênio e um pó acelerador contendo sais de persulfato. (ROBBINS, 2002)

A reação ocorre primeiramente na região externa do cabelo, ou seja, na cutícula e, posteriormente, vai adentrando o fio até atingir os grânulos de melanina. A utilização de aceleradores que se ligam à melanina faz com que a reação de descoloração ocorra mais rápido, pois esta ocorrerá preferencialmente no grânulo. (WOLFRAM; HALL; HUI, 1969) Contudo, o conteúdo de cistina na queratina também é atacado pelo peróxido de hidrogênio e tem suas pontes de dissulfeto sendo quebradas. A Figura 16 mostra a reação básica da quebra de ligações S-S.

Figura 16 - Reação de quebra das pontes de dissulfeto

Fonte: (ROBBINS, 1971)

3.7 TIPOS DE ANÁLISE DE CABELO

Existem diversos tipos de análises que podem ser feitas com os cabelos. A análise deve ser escolhida de acordo com as informações que se deseja obter. Podemos dividir estas análises em diversos grupo: as que olham para a estrutura, as que analisam a superfície, análises mais perceptíveis ao consumidor, as de características cosméticas, as de imagem, as térmicas, dentre outras.

Dentre as análises por imagem temos a microscopia eletrônica de varredura, microscopia eletrônica de transmissão e microscopia de força atômica, por exemplo. Podemos utilizar também de análises de espectroscopia como infravermelho e fotoluminescência. A resistência mecânica é comumente analisada por tensão, avaliação da elasticidade do fio e penteabilidade. (GAMA; BABY; VELASCO, 2017)

As análises térmicas mais utilizadas são a termogravimetria (TG), termogravimetria diferencial (DTG), análise térmica diferencial (DTA) e calorimetria diferencial de varredura (DSC), a qual foi selecionada como método de estudo para o presente trabalho. Todas estas análises são muito importantes para comprovação de benefícios como brilho, melhora de penteabilidade, fotoproteção, força, hidratação, proteção térmica e redução de dano. (ROBBINS, 2002)

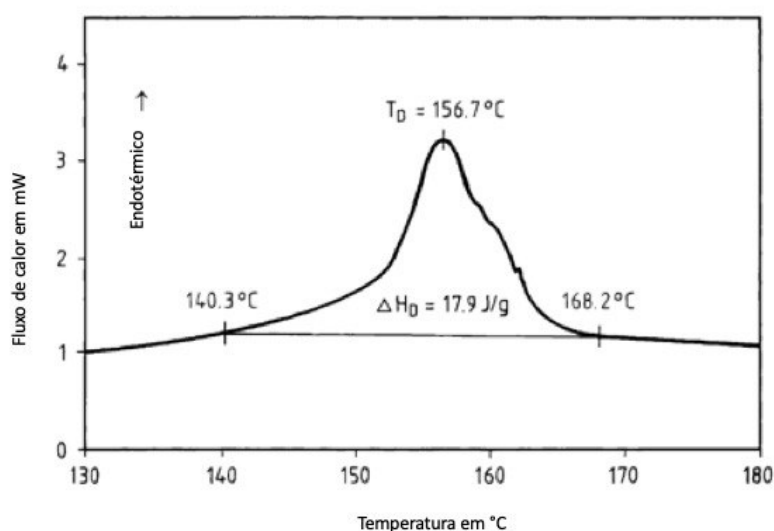
3.7.1 CALORIMETRIA DIFERENCIAL DE VARREDURA (DSC)

A metodologia DSC foi e vem sendo amplamente aplicada nos estudos biomoleculares e por muitos estudiosos para entender o comportamento térmico do cabelo. (WORTMANN; DEUTZ, 1993) (CAO, 1999) (CAO, 2001) (WORTMANN; SPRINGOB; SENDELBACH, 2002) (WORTMANN; SENDELBACH; POPESCU, 2007) (ISTRATE, 2016) Por meio dessa análise é possível detectar a desnaturação proteica, ou seja, a desconformação da proteína quando esta recebe calor. O princípio do equipamento é a relação entre o fornecimento de calor e a variação causada na temperatura. (ISTRATE, 2011)

O termograma dado como resultado da análise por DSC fornece duas informações muito relevantes: a temperatura de desnaturação (T_D) e a entalpia de desnaturação (ΔH),

como apresentado na Figura 17. A T_D está diretamente relacionada à taxa de aquecimento da amostra e à concentração da proteína. Já a entalpia é dada pelo calor requerido para desnaturar esta proteína. (ISTRATE, 2011) A T_D é encontrada pelo valor de pico do termograma, enquanto a entalpia pode ser calculada como a área abaixo da curva do termograma.

Figura 17 - Exemplo de resultado obtido no DSC da análise de cabelo humano pela metodologia *wet*-DSC.



Fonte: (WORTMANN; SPRINGOB; SENDELBACH, 2002)

O comportamento térmico do cabelo pode ser estudado através do DSC de duas formas, conhecidas como *dry*-DSC e *wet*-DSC. Na primeira, *dry*-DSC, após a evaporação da água, um ou dois picos endotérmicos ocorrem, acima de 200°C. Para este modelo, os picos são interpretados como a desnaturação da queratina do IF e da matriz. Entretanto, há contradições quanto a esta interpretação, visto que também ocorre a decomposição da cistina presente ou a pirólise do material (ISTRATE, 2011; POPESCU; GUMMER, 2016; WORTMANN; SENDELBACH; POPESCU, 2007). Já para o *wet*-DSC, realizado com a amostra na presença de água, o evento endotérmico decresce para temperaturas entre 130 e 150°C. O pico encontrado nesta análise é atribuído à desnaturação da α -queratina. (ISTRATE, 2011)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo a classificação de Antônio Carlos Gil (2008), o presente trabalho teve natureza aplicada, de abordagem quantitativa, objetivos exploratórios, e o desenvolvimento por meio da metodologia de pesquisa experimental.

Foram realizadas neste trabalho análises via DSC de amostras de dois tipos de cabelos: o liso e o crespo. Estes mesmos cabelos foram submetidos a dois tipos diferentes de danos: o dano por descoloração dos fios e o dano térmico feito pela aplicação de chapinha.

O comportamento térmico de cada amostra, saudável e danificada, foi comparado para avaliar o grau de dano ao qual o cabelo foi submetido e então foi possível verificar a eficácia da metodologia para a análise destes danos, bem como qual tipo de tratamento é mais agressivo para o cabelo.

4.1 MATERIAIS

4.1.1 CABELOS

As amostras de cabelo liso castanho foram provenientes da marca De Meo Brothers. Este cabelo é do tipo padronizado, ou seja, é constituído por uma mistura de várias cabeças com o mesmo tipo de cabelo, apresentando classificação tipo 1. As amostras de cabelo crespo castanho utilizadas foram adquiridas de cabeça única do fornecedor Andrea Lopes Cabelos (São Paulo, SP) e apresenta classificação tipo 5.

4.1.2 DESCOLORANTES

O pó descolorante utilizado neste projeto foi o Platinum Plex, da marca GOZ Cosméticos. A água oxigenada utilizada foi a 40 volumes Professional da marca Beira Alta Cosméticos.

4.1.3 MATERIAIS DE SALÃO

Também foi necessário recipiente próprio para preparação de misturas descolorantes, espátula para homogeneização, pincel de aplicação de mistura descolorante, bandeja refratária de vidro, papel alumínio e tesoura profissional para corte de cabelo.

4.2 EQUIPAMENTOS

O DSC utilizado para este trabalho foi o DSC250 da TA Instruments. O alisador tipo prancha térmica (chapinha) utilizado foi o modelo Titanium Black 230°C da marca Mega. A estufa utilizada foi do modelo Controlador Microprocessado 502C da marca Fanem.

4.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

4.3.1 LAVAGEM DAS MECHAS

As mechas de cabelo crespo, de única cabeça, antes de serem comercializadas recebem aplicações de cremes de pentear para manutenção dos fios. Como a presença destes cremes pode influenciar nas análises, todo o cabelo crespo, de única cabeça, deve ser previamente lavado.

O procedimento consistiu em mergulhar toda a amostra de cabelo em solução 10% de lauril éter sulfato de sódio (LESS) por 15 minutos, sem massagear. Posteriormente, o cabelo foi enxaguado com água corrente por 1 minuto. O cabelo foi então deixado secar naturalmente por 1 dia.

4.3.2. PESAGEM E SEPARAÇÃO

Para cada mecha preparada, foram pesados 0,3g de cabelo (liso ou crespo). A extremidade da raiz foi unida utilizando cola quente visando manter os fios unidos. Cada mecha foi devidamente identificada.

4.3.2 PROCESSOS DE DANO

4.3.2.1 DANO TÉRMICO

O procedimento utilizado para danificar termicamente as mechas consistiu na aplicação de chapinha por 30 vezes seguidas em cada mecha. Cada aplicação teve duração de 10 segundos, divididos por toda a extensão do fio.

4.3.2.2 DANO QUÍMICO

O procedimento utilizado para o dano químico consistiu na descoloração dos fios utilizando descolorante comercial.

Para cada 1g de cabelo descolorido, foram pesados 5g de pó descolorante. A proporção entre o pó descolorante e a água oxigenada utilizada foi de 1:3, respectivamente. Com auxílio de um pincel aplicador, a mistura foi espalhada por toda a extensão dos fios. Os fios cobertos com a mistura descolorante foram envolvidos por papel alumínio e colocados em estufa a 40°C por 1 hora. O procedimento visou reproduzir os processos utilizado em salões de beleza e em domicílio. O tipo escolhido de procedimento de descoloração é chamado *double bleached* e consistiu em descolorir as mechas duas vezes com o procedimento descrito.

4.3.3 PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DSC

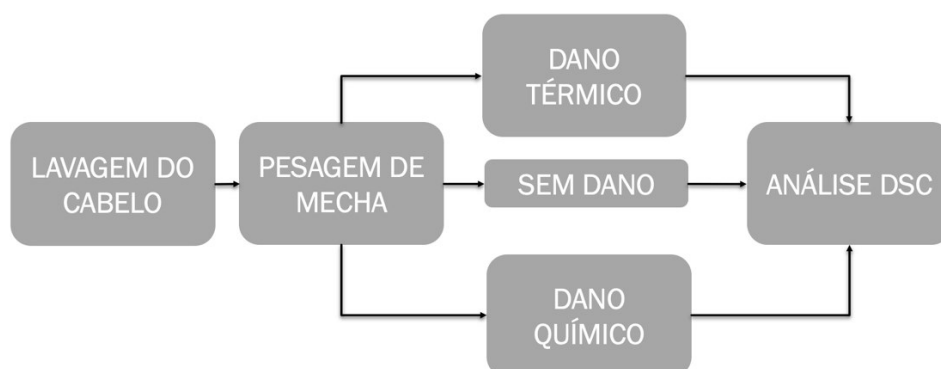
Para cada mecha analisada foram retirados alguns fios, de forma aleatória, cortados com tesoura para corte de cabelos. Uma amostra foi retirada da parte mediana do fio (as extremidades não foram utilizadas). O cabelo foi cortado com comprimento de aproximadamente 2mm. O cabelo cortado foi então colocado nos cadinhos de aço inoxidável, ao qual foi adicionado 50µL de água deionizada. O cadinho foi então selado com tampa e o-ring, para impedir a saída de vapor de água.

A rampa de aquecimento utilizada consistiu em:

- Equilíbrio da temperatura em 70°C;
- Isoterma de 2 minutos;
- Rampa com aquecimento de 5°C/min, de 70°C até 180°C;
- Resfriamento da amostra.

A Figura 18 apresenta um fluxograma do processo de preparação e análise das amostras.

Figura 18 – Fluxograma do processo de preparação das mechas e análise.



Fonte: Autoria própria.

4.4 TESTES DE SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA

A verificação da significância estatística é utilizada para garantir que os dados obtidos realmente apresentam a discrepância sugerida na hipótese. No caso deste estudo, para garantir que houve dano durante o processo térmico e químico, e que um processo é mais nocivo do que o outro, os grupos de dados (T_D e entalpia) devem ser estatisticamente diferentes. Sendo assim, foram aplicados dois testes: o teste T de Student e a metodologia ANOVA.

Para ambos testes, considerou-se uma confiabilidade de 95%, portanto, o p-valor (menor nível de significância) deve ser menor que 0,05.

O teste T de Student é um método que afirma que as médias de uma amostra de determinada amostra da população tendem a ser representativas da média da população. Portanto, quando dois grupos de amostras apresentam médias distintas podemos dizer que estes são estatisticamente diferentes entre si. Os grupos de amostras foram comparados de dois em dois, para cada tipo de cabelo: controle *versus* dano térmico, controle *versus* dano químico e dano térmico *versus* dano químico. Os cálculos de p-valor foram feitos através da fórmula de teste T disponível no Excel.

Utilizou-se também a metodologia ANOVA para testar a significância estatística dos grupos. A metodologia ANOVA, assim como o teste T, utiliza-se da comparação das médias dos grupos amostrais e verifica se há diferença entre estas. O ANOVA, no entanto, compara as médias amostrais de três ou mais grupos, enquanto para o teste T a comparação é de apenas dois grupos. Para o ANOVA, portanto, comparou-se dois grupos: cabelos lisos (sem dano, dano térmico e dano químico) e cabelos crespos (sem dano, dano térmico e dano químico). O p-valor foi calculado utilizando a análise ANOVA disponível no Excel.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Análise dos dados obtidos

O Quadro 2 apresenta a nomenclatura utilizada para identificar cada amostra, trazendo informações sobre o tipo de cabelo analisado e o tipo de dano a qual a amostra foi submetida. Para cada tipo de cabelo e tipo de dano foram preparadas e analisadas três amostras diferentes, para redução do erro e confirmação dos resultados obtidos.

Quadro 2– Identificação das amostras analisadas.

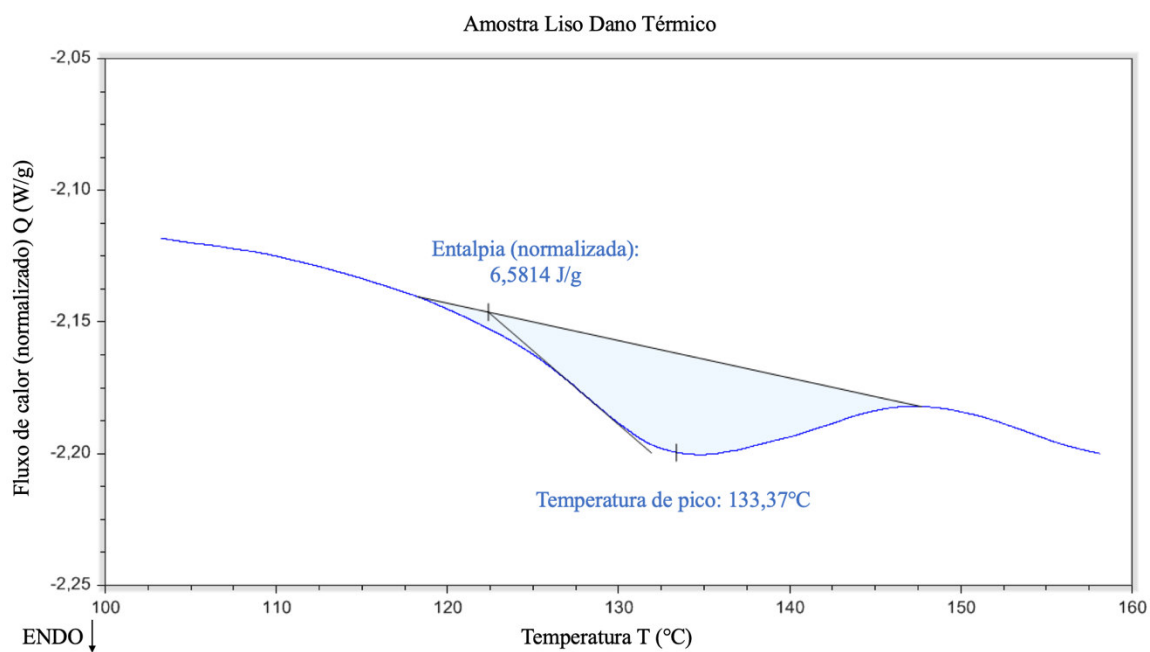
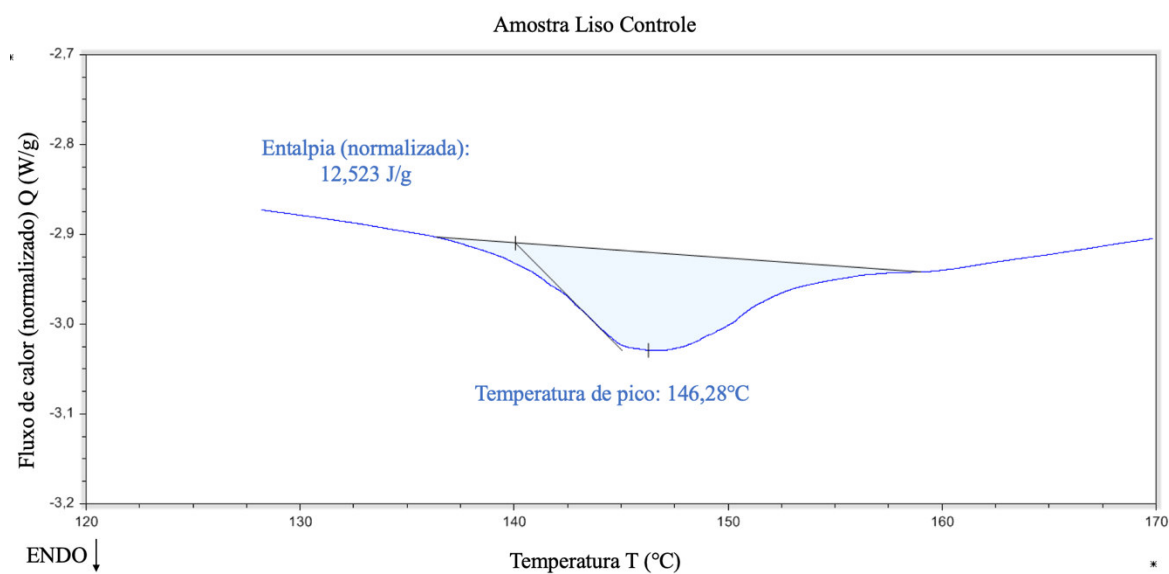
Amostra	Tipo de cabelo	Tipo de Dano
LCC	Liso castanho	Controle sem dano
LCT	Liso castanho	Dano térmico da aplicação de chapinha
LCD	Liso castanho	Dano químico da descoloração
CCC	Crespo castanho	Controle sem dano
CCT	Crespo castanho	Dano térmico da aplicação de chapinha
CCD	Crespo castanho	Dano químico da descoloração

Fonte: Autoria própria.

O resultado da análise DSC gera um gráfico de fluxo de calor por temperatura. As Figuras 19 e 20 mostram alguns dos gráficos obtidos no desenvolvimento deste trabalho. A T_D é resultante do valor de pico endotérmico, enquanto a entalpia é calculada como a área abaixo deste pico.

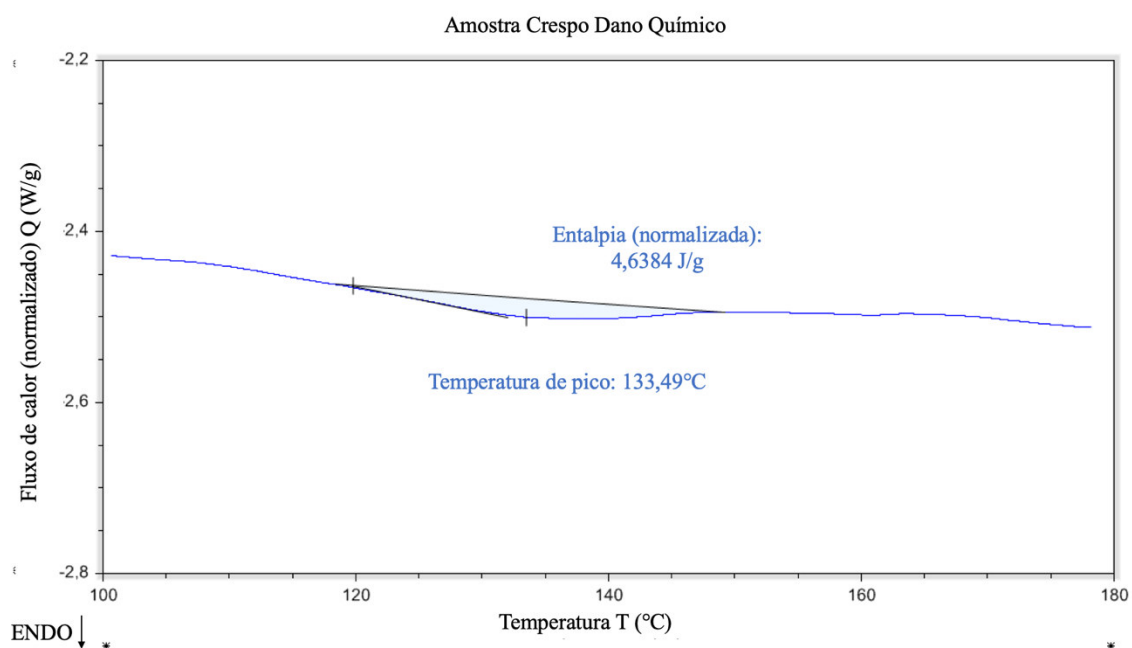
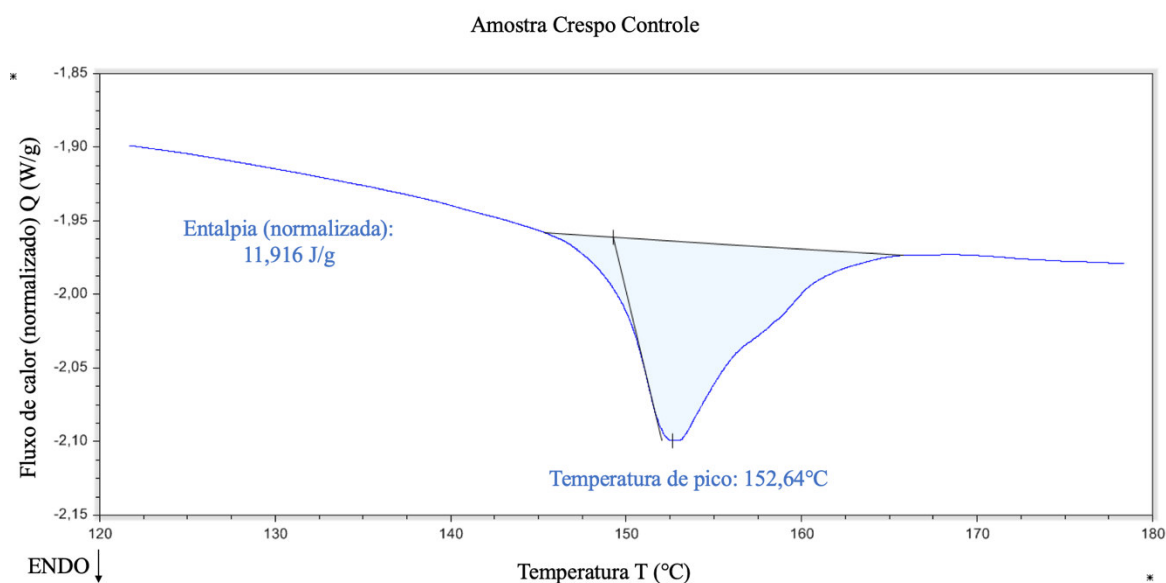
A partir das leituras das amostras no equipamento DSC, foi possível elaborar a Tabela 2, que mostra qual a temperatura média de desnaturação da α - queratina e a entalpia para cada amostra, permitindo assim comparar os resultados. Sendo a temperatura de desnaturação (T_D) dada como o valor de pico do termograma, e a entalpia foi calculada a partir da área abaixo da curva. Os valores foram obtidos através do software de análise Trios utilizado para a leitura das amostras.

Figura 19 – Exemplos dos gráficos obtidos nas análises DSC: acima, gráfico de uma amostra de cabelo liso controle e abaixo, gráfico de uma amostra de cabelo liso danificada termicamente.



Fonte: Autoria própria.

Figura 20 – Exemplos dos gráficos obtidos nas análises DSC: acima, gráfico de uma amostra de cabelo crespo controle e abaixo, gráfico de uma amostra de cabelo crespo danificada quimicamente.



Fonte: Autoria própria.

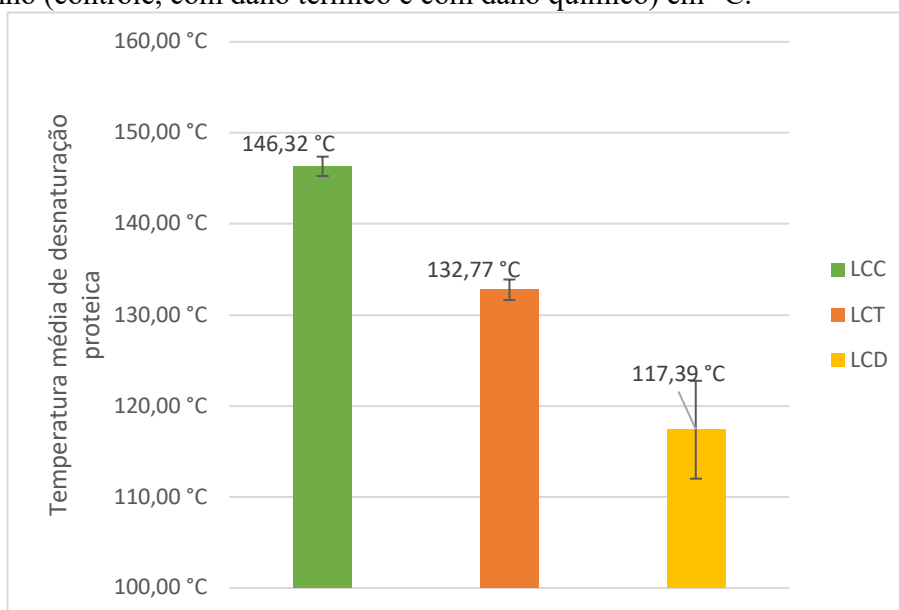
Tabela 2 – Relação das médias de temperatura de desnaturação proteica e entalpia e desvios padrões calculados após leitura de três amostras de cada tipo de cabelo e dano.

Amostra	T _D (°C)	Desvio Padrão T _D	Entalpia (J/g)	Desvio Padrão Entalpia
LCC	146,32	1,0661	11,90	0,4847
LCT	132,77	1,1284	5,13	0,7957
LCD	117,39	5,3740	0,80	0,2249
CCC	152,45	0,0551	10,94	0,4210
CCT	145,76	0,4606	9,49	1,5013
CCD	129,91	1,7000	5,95	0,2502

Fonte: Autoria própria.

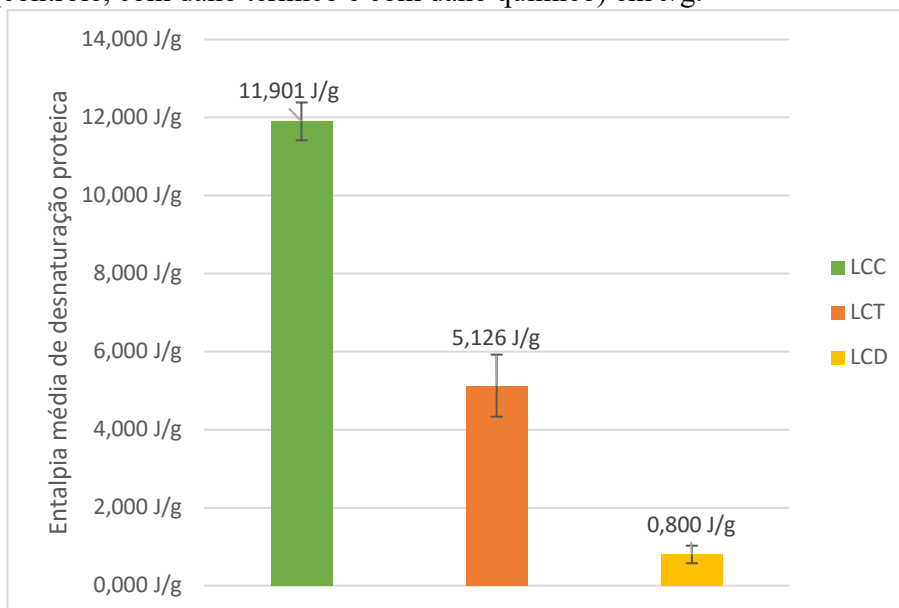
A partir dos dados reportados na Tabela 2, foram gerados gráficos comparativos apresentados na Figura 21 e na Figura 22, que mostram o comparativo da T_D média e da entalpia média, respectivamente, para o cabelo liso controle versus o mesmo cabelo quando danificado termicamente pelo processo de aplicação de chapinha e quando danificado quimicamente pelo processo de descoloração dos fios.

Figura 21 – Temperatura média de desnaturação proteica de três amostras de cada tipo de cabelo liso castanho (controle, com dano térmico e com dano químico) em °C.



Fonte: Autoria própria.

Figura 22– Entalpia média de desnaturação proteica de três amostras de cada tipo de cabelo liso castanho (controle, com dano térmico e com dano químico) em J/g.



Fonte: Autoria própria.

Os valores apresentados na Tabela 2 e representados na Figura 21 mostram uma diminuição da T_D de 13,55°C ou 9,26% quando o cabelo liso controle foi submetido ao procedimento de dano térmico conforme descrito neste trabalho. Quando este cabelo foi submetido ao dano químico testado, a diminuição da T_D foi de 28,93°C ou 19,77%.

Esta diminuição pode estar relacionada com a fragilização da estrutura capilar de α -queratina, pois quanto mais frágil a estrutura, ela irá se desnaturar a uma temperatura menor. Sendo assim, podemos verificar que a aplicação de chapinha e a descoloração provocaram danos estruturais ao fio, sendo o dano químico mais agressivo do que o dano térmico.

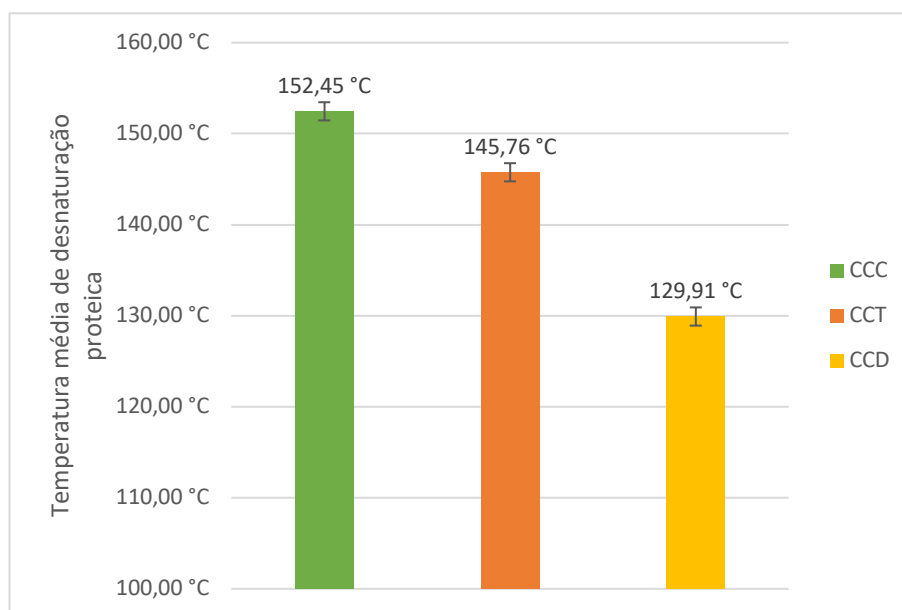
Isto também é corroborado pela redução da entalpia das amostras encontradas na Tabela 2 e representadas na Figura 22. A entalpia é o calor necessário para desnaturar a α -queratina, e, desta forma, é mais fácil desnaturar a proteína quando esta se apresenta danificada, pois suas ligações não serão tão fortes e necessitarão menos calor para serem quebradas. Nas amostras analisadas a redução da entalpia foi de 6,775J/g ou 56,93% do cabelo controle quando comparado ao cabelo danificado termicamente e de 11,101J/g ou 93,28% quando este é comparado com o cabelo danificado quimicamente.

Nas Figuras 21 e 22 estão representados também os desvios padrões encontrados entre as três amostras de cada tipo de cabelo analisadas. Os desvios para o cabelo controle e para os cabelos danificados termicamente são baixos, tanto para as medições de temperatura, quanto para a entalpia. Por outro lado, para os cabelos lisos submetidos ao dano químico,

nota-se um aumento do desvio padrão na medição de temperatura de desnaturação. Isto é esperado e explica-se pela maior variância criada nas amostras pelo processo de descoloração, que é difícil de ser controlada e não ocorreu de maneira homogênea em toda a mecha. O aumento do desvio não impacta a análise, visto que, os grupos são estatisticamente diferentes, como comprovado pela metodologia de teste T e ANOVA (dados apresentados no item 5.3).

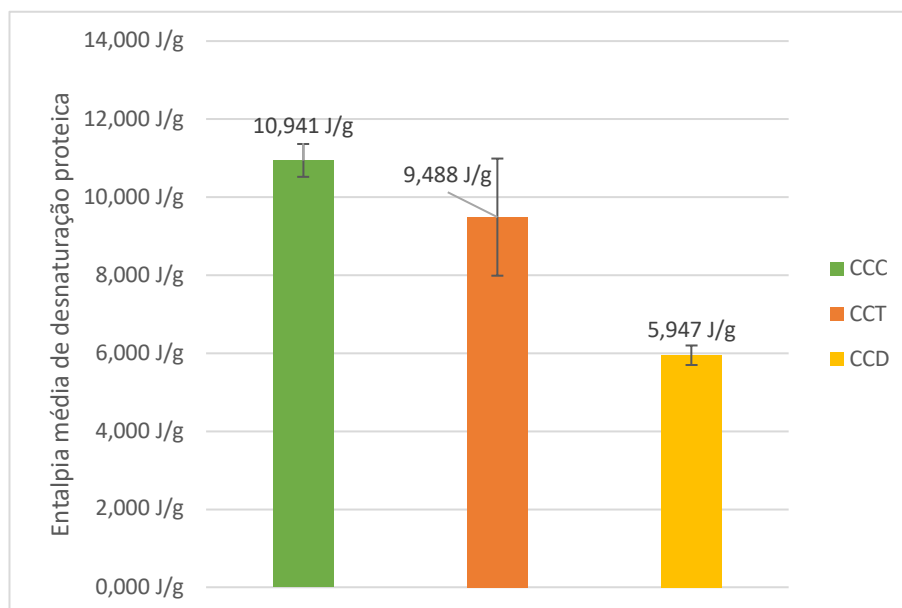
A partir da Tabela 2 também foi possível construir os gráficos apresentados na Figura 23 e na Figura 24, que apresentam os resultados comparativos da T_D média e da entalpia média, respectivamente, do cabelo crespo controle versus o mesmo cabelo quando danificado termicamente pela aplicação de chapinha e quando danificado quimicamente pela descoloração dos fios.

Figura 23—Temperatura média de desnaturação proteica de três amostras de cada tipo de cabelo crespo (controle, com dano térmico e com dano químico) em °C.



Fonte: Autoria própria.

Figura 24 – Entalpia média de desnaturação proteica de três amostra de cada tipo de cabelo crespo (controle, com dano térmico e com dano químico) em J/g.



Fonte: Autoria própria.

Nas análises de cabelos crespos vê-se a repetição do perfil de decaimento de T_D e entalpia também encontrado nos cabelos lisos.

Na Figura 23, percebe-se que quando o cabelo crespo foi submetido ao dano térmico, este apresentou uma redução de 6,69°C ou 4,39% em comparação com o cabelo controle, o qual não foi submetido a nenhum procedimento. No entanto, quando o cabelo crespo controle é comparado ao cabelo crespo submetido ao dano químico, a redução da T_D foi de 22,54°C ou 14,78%, sendo assim, o dano químico pode ser então considerado mais agressivo à estrutura queratinosa do fio crespo do que o dano térmico, para este estudo.

Quando a entalpia foi analisada (Figura 24), o perfil também se repete. O cabelo crespo danificado termicamente e quimicamente apresentaram, respectivamente, reduções de 1,453J/g ou 13,28% e 4,994J/g ou 45,64% quando comparados ao cabelo controle, confirmando o encontrado na análise da T_D .

Os desvios padrões calculados para as amostras de cabelo crespo mostraram que nestas tanto o processo térmico quanto o processo químico de dano ocorreram de maneira mais homogênea do que o que foi encontrado na amostra descolorida de cabelo liso.

Este resultado pode ser explicado pelo tipo de cabelo escolhido para as amostras. O cabelo crespo utilizado neste estudo foi de cabeça única, gerando uma variabilidade menor, e assim, o processo de descoloração ocorre de maneira mais homogênea do que o mesmo

processo na amostra de cabelo liso, proveniente de múltiplas cabeças, apresentando maior variabilidade.

5.2. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS COM A LITERATURA

Os usos do DSC para o estudo de cabelo vêm sendo descrito na literatura para o estudo da estrutura capilar, dos diferentes tipos de cabelo e prevenção de danos, por exemplo. Estes estudos mostram que a técnica *dry*-DSC encontra picos de desnaturação da α -queratina acima de 200°C, enquanto a técnica *wet*-DSC obtém picos entre 130°C e 150°C.

Utilizando a técnica *dry*-DSC, Monteiro, Maciel e Longo (2005) obtiveram resultados de T_D para cabelos lisos 237,4°C. Lima (2016), pela mesma técnica obteve os picos de 236°C e 223°C para cabelos lisos e crespos, respectivamente.

No estudo realizado por Wortmann, Springob e Sendelbach (2002), os autores encontraram picos T_D para cabelos lisos em torno de 158,3°C pela técnica *wet*-DSC. Neste mesmo estudo foi feita a comparação com amostras descoloridas, onde após 7 descolorações esta temperatura caiu para 138,4°C. Zhou (2011) apresentou resultados para cabelos lisos de T_D de 140,4°C para cabelos controle e 136,5°C para cabelos danificados. Neste estudo o autor também explora opções de tratamentos de prevenção ao dano.

Istrate (2011) mostrou em seu trabalho resultados para cabelos lisos controle de desnaturação ocorrendo em 150,4°C e para cabelos descoloridos em 128,6°C. Por outro lado, Popescu e Gummer (2016) apresentaram um trabalho com resultados dos métodos *dry* e *wet*, em que obtiveram T_D de 231,9°C para cabelos lisos e 233,6°C para crespos pela técnica *dry*-DSC, enquanto, pela técnica *wet*-DSC obteve T_D de 151,6°C para cabelos lisos e 149,6°C para cabelos crespos.

O estudo de Popescu e Gummer (2016) ainda destaca que a técnica *dry*-DSC pode apresentar erros se não for bem analisada, pois a pirólise do cabelo pode ocorrer devido ao seu aquecimento a altas temperaturas, resultando em erros de análise.

Os resultados encontrados neste estudo estão compatíveis com o encontrado na literatura. As temperaturas de desnaturação proteica de cabelo liso ocorrendo a 146,32°C e crespo a 152,45°C estão coerentes com o encontrado nos estudos apresentados. As amostras danificadas termicamente pela aplicação de chapinha e quimicamente descoloridas apresentam redução de T_D , bem como os estudos de Istrate (2011) e Wortmann, Springob e Sendelbach (2002).

Os trabalhos anteriores apresentam variações quando comparadas as T_D de cabelos controle lisos e crespos. Popescu e Gummer (2016) encontram T_D superior para cabelos crespos quando utiliza a técnica *dry*-DSC. No trabalho de Lima (2016), cabelos crespos apresentam menor T_D na técnica *dry*-DSC quando comparados aos cabelos lisos. Popescu e Gummer (2016), no entanto, no mesmo trabalho encontra T_D superior para cabelos lisos quando utiliza a técnica *wet*-DSC, o contrário do encontrado na técnica *dry*-DSC. O presente trabalho encontrou, pela técnica *wet*-DSC, valores superiores de T_D para os fios crespos.

As razões para estas variações ainda não foram explicadas, apesar de os diferentes tipos de cabelos não serem comumente comparados diretamente devido a suas diferentes composições. No entanto, as composições diferentes podem sim influenciar os resultados de T_D . Neste trabalho, outro fator relevante é o uso de cabelo padrão liso e cabelo crespo de cabeça única, pois como o cabelo crespo não é padronizado, ele não representa uma população.

5.3. SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA DOS DADOS

Sendo o grau de confiabilidade utilizado em ambos testes de 95%, o p-valor deve ser menor que 0,05 para que os grupos amostrais sejam considerados diferentes entre si. A Tabela 3 apresenta os resultados de p-valor para as análises de teste T entre os grupos.

Quando comparadas as médias das amostras, tanto para os cabelos lisos quanto para os cabelos crespos, os valores de p-valor são inferiores a 0,05, garantindo a diferença estatística entre os grupos. Portanto, podemos afirmar que houve dano térmico e dano químico em ambos tipos de cabelos e estes danos são em graus diferentes.

Tabela 3 – Cálculo p-valor utilizando teste T.

Grupos analisados	p-valor no Teste T
LCC-LCT	0,0022
LCC-LCD	0,0026
LCT-LCD	0,0150
CCC-CCT	0,0009
CCC-CCD	0,0010
CCT-CCD	0,0019

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 4 apresenta os resultados de p-valor encontrados para o teste ANOVA. Os resultados encontrados estão de acordo com o apresentado no teste T, confirmando a diferença estatística entre os grupos e que as considerações feitas previamente referente aos danos são pertinentes.

Tabela 4 – Cálculo p-valor utilizando análise ANOVA.

Grupos analisados	p- valor no Teste Anova
LCC-LCT-LCD	$1,97 \times 10^{-7}$
CCC-CCT-CCD	$4,51 \times 10^{-7}$

Fonte: Autoria própria.

5.4. PREVENÇÃO DE DANOS

Estudos anteriores e este presente trabalho mostram que a técnica *wet*-DSC pode ser utilizada como ferramenta para analisar os graus de danos sofridos por diferentes técnicas cosméticas aplicadas aos fios. É possível, a partir disso, explorar o potencial de ingredientes que previnam ou tratem estes danos, possibilitando o desenvolvimento de novas fórmulas cosméticas.

Algumas matérias-primas são conhecidas no mercado e utilizadas como prevenção aos danos térmicos e químicos. Algumas moléculas possuem propriedades que influenciam de formas diferentes a proteção do cabelo. Moléculas como silicones e polímeros formadores de filmes são opções de proteção térmica, por exemplo. A formação do fio polimérico na superfície do cabelo previne a degradação térmica da camada lipídica que protege o fio, portanto, o calor não danifica o fio na mesma intensidade.

Produtos como o Olaplex e Wellaplex, comercializados com tecnologia *plex*. Esta tecnologia consiste em reagir uma molécula nas pontes dissulfeto desfeitas do cabelo, prevenindo que estas sejam danificadas no processo de descoloração. Com as pontes dissulfeto do cabelo protegidas, a reação ocorre preferencialmente na melanina do cabelo. O uso destes produtos é usualmente feito por profissionais e contam com mais de uma etapa. O custo destes produtos varia, no mercado brasileiro, entre R\$700,00 e R\$900,00.

Este histórico indica que outras moléculas podem ser estudadas para que sejam utilizadas em produtos cosméticos com a finalidade de proteger os fios, sejam por estes mecanismos já existentes ou ainda por novos mecanismos a serem descobertos.

Figura 25 – Kit Olaplex.



Fonte: (ÉPOCA COSMÉTICOS, 2019)

Figura 26 – Kit Wellaplex.



Fonte: (BELEZA NA WEB, 2019)

6. CONCLUSÃO

A indústria cosmética, setor que gira bilhões em diversos países no mundo, incluindo o Brasil, tem destaque neste por permanecer crescente, mesmo enquanto o mercado não parecia promissor. Novas tecnologias cosméticas são constantemente estudadas para que produtos com maior performance sejam desenvolvidos.

Neste cenário, a evolução dos produtos para cabelos que envolve o estudo do fio, os danos que este sofre e como preveni-los ou repará-los se tornam pontos de grande interesse para as empresas.

A metodologia *wet*-DSC aplicada neste trabalho avalia a temperatura de desnaturação da α -queratina do córtex capilar e a entalpia quando as amostras de cabelo são aquecidas gradualmente. Esta metodologia comprovou-se eficaz em detectar o grau de dano sofrido pelos cabelos lisos e crespos quando submetidos aos danos térmicos da aplicação de chapinha e aos danos químicos da descoloração.

Os resultados apontam que ambos tratamentos cosméticos causam danos à estrutura queratinosa do fio de cabelo. De acordo com os procedimentos utilizados neste trabalho, o dano químico foi o mais agressivo, apresentando uma redução de temperatura de desnaturação da α -queratina de 19,77% em cabelos lisos e 14,78% em cabelos crespos quando comparado ao dano térmico de 9,26% nos cabelos lisos e 4,39% nos cabelos crespos.

De acordo com os resultados apresentados, os cabelos lisos mostram-se mais suscetíveis aos danos térmicos e químicos, enquanto o fio crespo mostrou-se mais resistente aos danos aplicados, sendo o dano químico o mais severo para ambos tipos de cabelos.

Este tipo de avaliação permite, portanto, que estudos de novas tecnologias se desenvolvam em busca de novas matérias-primas e mecanismos para prevenção e reparação dos fios de cabelos.

REFERÊNCIAS

- ABIHPEC. **Anuário ABIHPEC 2018**. Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. SEBRAE, 2018a. Disponível em: <<https://abihpec.org.br/anuario-2018-flip/mobile/index.html#p=1>>. Acesso em 14 de mar. 2019.
- ABIHPEC. **Panorama do setor 2018**. Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos. SEBRAE, 2018b. Disponível em: <<https://abihpec.org.br/publicacao/panorama-do-setor-2018/>>. Acesso em 14 de mar. 2019.
- BELEZA NA WEB. **Kit Wella Professionals Wellaplex Bond Builder System Salon**. 2019. Disponível em: <https://www.belezanaweb.com.br/kit-wella-professionals-wellaplex-bond-builder-system-salon-3-produtos?desc=on&sku=66098&utm_source=google&utm_medium=shopping&utm_campaign=G:Hair::Smart-Shopping&kw=&gclid=EAIaIQobChMIyLq7rMGF5gIVAw-RCh32NwE4EAQYASABEgl0zPD_BwE>. Acesso em 18 de nov. 2019.
- BNDES SETORIAL. **Panorama da indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos**, Rio de Janeiro: BNDES, n.25, p. 131-156, 2007.
- BOUILLON, C.; WILKINSON, J. **The science of hair care**. 2 ed. 2005.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC N°211, de 14 de julho de 2005. **Resolução da Diretoria Colegiada**, Brasília, DF, jul. 2005.
- CAO, J. **Is the α - β transition of keratin a transition of α -helices to β -pleated sheets. Synchrotron investigation for stretched single specimens**. Journal of Molecular Structure, 607, p. 69-75, 2001.
- CAO, J. **Melting study of the α -form crystallites in human hair keratin by DSC**. Thermochimica Acta, 335, p.5-9, 1999.
- CHAPMAN, B.M. **A mechanical model for wool and other keratin fibers**. Textile Research Journal, v. 39, n.12, p.1102-1109, 1969.
- COHEN, M. **Cosmetics and Perfumes, Egypt, 10,000 BCE**, 1999. Disponível em: https://www.smith.edu/hsc/museum/ancient_inventions/hsc01b.htm. Acesso em: 28 de Fev, 2019.
- DE LA METTRIE, R. et al. **Shape variability and classification of human hair: a worldwide approach**. Detroit: human biology v. 79, n.3, p. 265-281, 2007.
- DE PAULA, C. M. S. S. **Alterações na ultra-estrutura do cabelo induzidas por cuidados diários e seus efeitos nas propriedades de cor**. Universidade Estadual de Campinas, 2001.

ÉPOCA COSMÉTICOS. Olaplex Traveling Stylist. 2019. Disponível em:<
https://www.epocacosmeticos.com.br/olaplex-traveling-stylist-olaplex-tratamento-capilar/p?idsku=21246&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=pla&utm_content=21246&gclid=EAIaIQobChMikZ2X276F5gIVEIORCh3EngY5EAQYASABEGLzc_D_BwE>. Acesso em: 18 de nov. 2019.

FRANBOURG, A. et al. **Current research on ethnic hair**. Journal of the American Academy of Dermatology v.48, n.6, p.115-119, 2003.

GAMA, R. M.; BABY, A. R.; VELASCO, M. V. R. **In vitro methodologies to evaluate the effects of hair care products on hair fiber**. Cosmetics, v. 4, n. 2, 2017.

HALAL, J. **Tricologia e a Química Cosmética Capilar**. Tradução da 5. ed. Norte americana. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

ISTRATE, D. V. **Heat induced denaturation of fibrous hard α -keratin and their reaction with various chemical reagents**. 2011.

LIMA, C. R. R. C. **Caracterização físico-química e analítica de fibras capilares e ingredientes cosméticos para proteção**. 2016.

MONTEIRO, V. F.; MACIEL, A. P.; LONGO, E. **Thermal analysis of caucasian human hair**. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, v.79, p.289-293, 2005.

NEGRI, A. P.; CORNELL, H. J.; RIVETT, D.E. **The modification of surface diffusion barrier of wool**. Society of dyers and colourists, v.109, n.9, p.296-301, 1993.

NOGUEIRA, A. C. S. **Foto degradação do cabelo: influência da pigmentação da fibra**. Universidade Estadual de Campinas, 2008.

POPESCU, C.; GUMMER, C. **DSC of human hair: a tool for claim support or incorrect data analysis?** International Journal of Cosmetic Science, v. 38, p. 433-439. 2016.

ROBBINS, C. R. **Chemical and physical behavior of human hair**. 4 ed. Clermont: Springer, 2002.

ROBBINS, C. **Chemical aspects of bleaching human hair**. Journal of the Society of Cosmetic Chemists, v. 22, n. 6, p.339-348.

ROBBINS, C. R.; CRAWFORD, R. J. **Cuticle damage and the tensile properties of human hair**. Journal of the Society of Cosmetic Chemists v. 41, n.1, p. 59-67, 1991.

ROBBINS, C. R.; KELLY, C. **Amino acid analysis of cosmetically altered hair**. Journal of the Society of Cosmetic Chemists, v. 20, p. 555-564, 1969.

SCHULLER, R.; ROMANOWSKI, P. **Iniciação à Química Cosmética: Um sumário para Químicos Formuladores, Farmacêuticos de Manipulação e outros Profissionais com interesse na Cosmetologia**. Vol.1 São Paulo: Tecnopress Editora e Publicidade Ltda, 2001.

SWIFT, J. A. **The mechanics of fracture of human hair.** International Journal of Cosmetic Science, v. 21, p. 227-239, 1999.

TATE, M. L. et al. **Quantification and prevention of hair damage.** Journal of the Society of Cosmetic Science, v. 44, p. 347-371, 1993.

VELASCO, M.V.R. et al. **Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties.** Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 45, n.1, p. 153-162. São Paulo: 2009.

WILKINSON, J. B.; MOORE, R. J. **Cosmetología de Harry.** Madrid: Díaz Santos, S.A., 1990.

WOLFRAM, L. J.; HALL, K.; HUI, I. **The mechanism of hair bleaching.** New York City, 1969.

WORTMANN, F. J.; DEUTZ, H. **Characterizing keratins using high-pressure differential scanning calorimetry (HPDSC).** Journal of Applied Polymer Science, v. 48, p.137-150, 1993.

WORTMANN, F.J.; SENDELBACH, G.; POPESCU, C. **Fundamental DSC investigations of α -keratious materials as basis for the interpretation of specific effects of chemical, cosmetic treatments on human hair.** Journal of Cosmetic Science, v. 58, p. 311-317. 2007.

WORTMANN, F. J.; SPRINGOB, C.; SENDELBACH, G. **Investigations of cosmetically treated human hair by differential scanning calorimetry in water.** Journal of Cosmetic Science, v. 53, p. 219-228, 2002.

ZAHN, H.; HILTERHAUS, S.; STRUBMANN, A. **Bleaching and permanent waving aspects of hair research.** Journal of the Society of Cosmetic Chemists, v.37, p. 159-175. 1986.

ZHOU, Y. et al. **The effect of various cosmetic pretreatments on protecting hair from thermal damage by hot flat ironing.** Journal of Cosmetic Science, v. 62, p. 265-282. 2011.