



Universidade Federal de São João del Rei
Campus Alto Paraopeba

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE LACASE COMO AGENTE OXIDATIVO EM
PRODUTOS PARA ALISAMENTO CAPILAR

Gabryelly Monyque Machado

Orientador: Vagner Fernandes Knupp

Ouro Branco/MG

Dezembro, 2015



Universidade Federal de São João del Rei
Campus Alto Paraopeba

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE LACASE COMO AGENTE OXIDATIVO EM
PRODUTOS PARA ALISAMENTO CAPILAR

Gabryelly Monyque Machado

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado em cumprimento às
exigências do Curso de
Bacharelado em Engenharia de
Bioprocessos da Universidade
Federal de São João del Rei

Orientador: Vagner Fernandes Knupp

Ouro Branco/MG

Dezembro, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE LACASE COMO AGENTE OXIDATIVO EM
PRODUTOS PARA ALISAMENTO CAPILAR**

Gabryelly Monyque Machado

A Banca Examinadora, composta pelos membros abaixo, avaliou este TCC:

Vagner Fernandes Knupp – Orientador

Alessandra Costa Vilaça – Examinador 1

Boutros Sarrouh – Examinador 2

Ouro Branco, 03/12/2015

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar todo o meu caminho intercedendo em todas as minhas decisões e por me conceder a força e coragem durante toda esta caminhada.

Agradeço a cada professor que ao longo do curso me ensinaram a melhor forma de estudar, para conseguir ser uma boa profissional. Ao Prof. Dr. Vagner Knupp Fernandes pela orientação e esclarecimentos necessários para execução trabalho.

Agradeço aos meus familiares principalmente meu pai e minha mãe por investirem no meu futuro. Ao meu noivo que me apoiou ao longo dos períodos. As minhas amigas Gilcimara, Andreia e Ingrid que estiveram comigo durante toda a graduação. Foi com vocês que compartilhei todas as minhas angústias, tristezas, felicidades e alegrias durante todos esses anos. Eu não estaria aqui se não fosse pela ajuda de todos.

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE LACASE COMO AGENTE OXIDATIVO EM PRODUTOS PARA ALISAMENTO CAPILAR

RESUMO

Desde a antiguidade até os dias de hoje o cabelo é utilizado como um parâmetro antropológico. Atualmente percebemos a grande variedade de transformações nos cabelos, sendo uma dessas transformações o processo de alisamento do fio de cabelo. O cabelo nada mais é do que fios formados por um tipo de proteína chamada α -queratina, constituída por uma sequência de aminoácidos principalmente a cisteína. A queratina mantém sua estrutura, modelada e fixa, utilizando ligações químicas adicionais, que são do tipo ponte de hidrogênio, ligações iônicas e pontes dissulfeto. O cabelo é dividido em três partes: cutícula (parte externa), córtex (parte intermediária) e medula (parte interna). A forma do cabelo varia dependendo da secção transversal do cabelo e de como ele cresce. Para uma modificação permanente da forma do cabelo é necessário que seja alterado certo número de ligações de dissulfeto. Essa alteração pode ser feita por meio de ativos ácidos ou de hidróxidos, contudo esses ativos podem trazer danos à saúde, e meios alternativos vem sendo buscado para diminuir ou eliminar esses danos. Uma forma nova de alisar o cabelo de uma forma natural, alisando assim o cabelo e recompondo a fibra capilar, se dá por meio da incorporação de proteínas, aminoácidos, vitaminas, óleos e a enzima lacase extraído do cogumelo *Tramete Versicolor*. Essa enzima promove o realinhamento da fibra de forma natural, sem agredir os fios de cabelo, todos estes compostos estão presentes na formulação produto estudado. Tendo isso em vista o seguinte trabalho teve como objetivo estudar o mecanismo de ação de um produto de alisamento capilar que utiliza a enzima lacase em sua formulação.

Sumário

RESUMO	iv
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
INTRODUÇÃO	1
OBJETIVO	3
METODOLOGIA	3
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
1. CABELO DENTRO DO CONTEXTO SOCIAL	4
1.1 O CABELO E AS CIVILIZAÇÕES	4
1.2 O CABELO E A CRONOLOGIA DO ALISAMENTO	6
1.3. LEGISLAÇÃO	7
2. ESTRUTURA DO FIO DE CABELO	8
2.1 A ESTRUTURA DO FOLÍCULO PILOSO	9
2.2 A ESTRUTURA INTERNA DO CABELO	11
2.2.1 CUTÍCULA	11
2.2.2 MEDULA	12
2.2.3 CÓRTEX	12
2.3 COMPISIÇÃO BIOQUIMICA DO CABELO	13
2.3.1 AMINOÁCIDOS	13
2.3.2 PROTEÍNA	14
2.3.3 LIPÍDIOS	15
2.3.4 ÁGUA	15
2.3.5 ELEMENTOS TRAÇOS	16
2.4 QUERATINA	16
2.4.1 PONTE DE DISSULFETO	18
2.4.2 LIGAÇÕES IÔNICAS	19
2.4.3 LIGAÇÃO DE HIDROGÊNIO	20
2.5 pH DOS CABELOS	21
3. ESTUDO SOBRE A LACASE	22

3.1 ENZIMAS	22
3.1.1 NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO DAS ENZIMAS	22
4. LACASE	23
4.1 O FUNGO <i>Trametes versicolor</i>	24
4.2 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA LACASE	25
4.3 MECANISMO DE CATÁLISE DA LACASE	25
5. PROCESSO DE ALISAMENTO	28
5.1 ALISAMENTO COM ÁCIDOS	29
5.2 ALISAMENTO COM BASES	30
6. PARTE EXPERIMENTAL	31
6.1 CONSTRUÇÃO DA HIPÓTESE	31
7. CONCLUSÃO	37
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cronologias dos produtos	6
Tabela 2. Estruturas químicas de aminoácidos na forma hidrolisada, encontrados no cabelo humano	17
Tabela 3. Classes de enzimas	22
Tabela 4. pK dos Tiois	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura do folículo piloso	9
Figura 2. Representação esquemática do cabelo, mostrando as diferenças de origem racial	10
Figura 3. Principais camadas da fibra capilar	11
Figura 4. Esquema geral da reação de condensação entre aminoácidos, formando a ligação peptídica	13
Figura 5. Classificação dos aminoácidos	14
Figura 6. Estrutura da α - (superior) e β -queratina (inferior)	18
Figura 7. Formação da cistina por pontes dissulfeto	19
Figura 8. Ligação iônicas entre os aminoácidos	20
Figura 9. Ligação de Hidrogênio	20
Figura 10. pHmetro do cabelo	21
Figura 11. <i>Trametes versicolor</i>	24
Figura 12. Diagrama de da estrutura da lacase de <i>Trametes versicolor</i>	26
Figura 13. Estrutura representando as ligações de dissulfeto em cabelo cacheado	35
Figura 14. Estrutura representando as ligações de dissulfeto rompidas	35
Figura 15. Estrutura representando as ligações de dissulfeto reestruturadas após a ação do agente oxidante	36
Figura 16. AC Kerazyme demonstração de produto	37

INTRODUÇÃO

Por toda a história, pode-se observar a preocupação dos seres humanos com sua aparência pessoal. Consequentemente, o mercado da beleza cresce constantemente devido as novas exigências dos consumidores.

A indústria da beleza, formalmente conhecida como Indústria Brasileira de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos, apresentou, nos últimos anos, o maior crescimento da indústria em geral. O Brasil é o quarto consumidor mundial de produtos de beleza, num mercado que gera R\$ 35 bilhões por ano. (ABIHPEC, 2012).

O Brasil é um país que, pela sua miscigenação, apresenta praticamente todos os tipos de cabelos. Além disso, devido à grande importância que as mulheres dão ao tratamento e beleza dos cabelos, o Brasil é, hoje, líder mundial de tinturas capilares (ABIHPEC, 2012). Devido à elevada variedade de tipos de cabelo, o uso de alisantes capilares também é expressivo na produção brasileira, não sendo incomum o uso de ambos os produtos (tintura e alisante químico) concomitante. Os primeiros métodos de alisamento baseavam-se no uso de óleo e calor, sendo que os primeiros alisantes químicos comerciais surgiram apenas no século XIX e popularizaram-se desde então (SHERROW, 2006). Atualmente, no Brasil, permite-se o uso de alisantes a base de ácido tioglicólico e hidróxido de sódio, potássio, cálcio, lítio e guanidina, não sendo permitido uso do formol (ANVISA, 2009), apesar de ser evidente seu uso de forma clandestina.

Os alisantes, devido a sua composição e mecanismo de ação pode causar graves danos a fibra capilar, sendo fundamental o conhecimento de tais danos com a finalidade de estabelecer quais produtos seriam mais interessantes ou quais devem ser a outros tratamentos cosméticos. Entre os danos, pode-se citar redução da resistência mecânica e térmica, do conteúdo protéico (visto a composição essencialmente proteica da fibra capilar) e de brilho (relacionado a danos provocados às camadas da cutícula). (FRANÇA, 2014)

O cabelo humano apresenta valor indiscutível como ornamento pessoal. O seu aspecto pode assinalar diferenças sociais ou profissionais e atender às exigências religiosas ou posicionamentos políticos de acordo com cada cultura.

O cabelo pode também expressar características comportamentais, sinalizar formas de encarar a vida e, muitas vezes, importantes mudanças do comportamento pessoal. (COSTA, et al 2010)

Os fios do cabelo estão em um ciclo de renovação e desprendimento constante. Em contraste com os órgãos vitais, como coração, fígado ou rins, em que a renovação celular é limitada, o crescimento do cabelo ocorre a uma taxa de 0,35 mm/dia. O cabelo é o único tecido estrutural que é totalmente renovável, sem cicatrizes, enquanto o folículo continuar a ser uma unidade em funcionamento. Por este motivo, o cabelo pode ser submetido a procedimentos que não poderiam ser suportados por quaisquer outros órgãos do corpo. Esta constante renovação também significa que qualquer alteração na forma do cabelo, cor ou textura são “temporárias”, visto que atinge tão somente os fios que se localizam para fora do folículo. (DRAELOS, 2000)

Historicamente, diferentes tipos de materiais foram empregados com o objetivo de mudar a aparência física dos cabelos e obter fios mais lisos (DIAS et al, 2007). O Alisamento capilar também conhecido como progressiva, tem-se tornado cada vez mais comum. O desejo das mulheres em possuir um cabelo liso é registrado desde a época de escravidão e, em 1940, foram lançadas formulações contendo hidróxido de sódio para essa finalidade. (DELFINI, 2011).

A lacase foi inicialmente estudada no Japão na seiva da árvore da laca japonesa *Rhus vernicifera* e foi descrita pela primeira por Yoshida em 1883. A lacase foi uma das primeiras enzimas a ser descrita e estudada. É membro das oxidases azuis de cobre (proteínas azuis com cobre) também denominadas oxidases “multicopper” que catalisam uma reação de transferência de elétrons a partir de vários compostos. Possui aplicação na indústria de efluentes, têxtil, de panificação, cosmético e farmacêutica. (ALVES, 2011)

Portanto a enzima lacase nada mais é do que, uma oxidase que catalisa reações de oxidação, na ausência de H_2O_2 utilizando, portanto, oxigênio (O_2) como agente oxidante, sendo esse reduzido a H_2O num processo de oxidação envolvendo no total quatro elétrons.

OBJETIVO

O produto em estudo alisa o cabelo e recompõe a fibra capilar sem a utilização desses agentes que podem causar risco a saúde. Com o objetivo inferir o processo de alisamento capilar e qual a finalidade de utilizar uma enzima no composto. Para isso foi analisado os componentes descrito no rótulo do produto, a partir desses reagentes foi inferido como ocorre esse alisamento.

METODOLOGIA

Durante os meses de agosto a novembro do ano de 2015, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o assunto em questão. A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida a partir de material elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, foram extraídas de livros de cosmetologia e sites da internet que abordassem o tema, sendo que as procedências das fontes de sites foram analisadas para não processar dados equivocados. A pesquisa seguiu as seguintes etapas:

- i. Pesquisou-se livros de cosmetologia assuntos relacionados á química dos alisantes, levantando dados sobre seu mecanismo de ação, tal como a estrutura bioquímica do fio de cabelo.
- ii. Pesquisou-se em diversas publicações periódicas assunto relacionado á produtos cosmético capilares, com o uso da enzima lacase de maneira a conferir a oferta dos produtos estudados no mercado brasileiro e internacional, assim como seu mecanismo de ação.
- iii. Os dados coletados foram analisados, observando possíveis contradições e incoerência, para levantar os principais aspectos relacionado ao presente TCC.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. CABELO DENTRO DO CONTEXTO SOCIAL

1.1 O CABELO E AS CIVILIZAÇÕES

A preocupação do ser humano com sua imagem pessoal, refletida pelo uso de cosméticos, é descrita desde a época pré-histórica. Desde o período grego e romano até os dias atuais, as mulheres manifestam o desejo de possuírem um cabelo bonito e atraente (WILKINSON e MOORE 1990).

É possível observar desde o Antigo Egito – uma das primeiras civilizações das quais pudemos obter dados – a grande relevância do cabelo nas dinâmicas sociais de diversas sociedades. Os egípcios, por exemplo, já mantinham hábitos estéticos que ainda hoje vemos por todo o mundo: cortes, tranças, penteados, tingimento e raspagem de cabelos, fazendo uso inclusive de adornos, apliques e perucas, que já movimentavam um mercado consumidor de cabelos humanos desde aquela época (QUINTÃO, 2013).

Enquanto os egípcios e as egípcias ostentavam seus cabelos e penteados, povos de teologias judaicas, muçulmanas e cristãs, posteriormente, interpretavam o cabelo da mulher como uma ferramenta de sedução – uma tentação para o homem – e que, portanto, deveria ser coberto, somente podendo ser visto por seu marido, prática que ainda é mantida nos dias de hoje por muçulmanos e judeus ortodoxos (SYNNOTT, 2002; WEITZ, 2004). Durante a Idade Média, esta prática mudou na Europa. Durante esse período, os cabelos ganhavam volume através do uso de elaboradas perucas. Em 1875, o francês Marcel Grateau desenvolveu a técnica de uso de ferros para moldar e ondular cabelos (FRANQUILINO, 2009).

O ápice da ornamentação capilar ocorreu entre os anos de 1770 a 1790, época em que a moda para os penteados femininos envolvia o uso de grandes adereços “esculpidos” em suas cabeças por suas mucamas com o auxílio de lã, cabelo de cavalo, cabelo humano (próprio e de terceiros), banha e sebo. Nos anos seguintes, as modas e modos dos cabelos europeus diminuíram em volume, mas continuaram sendo uma maneira de ostentação de poder econômico (além de um vívido reflexo da intensificação do capitalismo) e,

embora os penteados mantivessem os cabelos sempre presos, para se realizar a maior parte deles com sucesso era necessário que a mulher tivesse fios longos e lisos (WEITZ, 2004).

No caso dos negros da África Ocidental – de onde saíram os escravos para o “Novo Mundo” – o cabelo fazia parte ainda mais claramente do sistema de linguagem, indicando características que variavam desde religião até status social e origem geográfica, além, é claro, do apelo estético. (BYRD; THARPS, 2001) O cabelo também exerce uma função similar para os povos hindus, em especial para as mulheres, expressando sua performance religiosa e social.

O cabelo, que pertence ao mesmo tempo à vida pública e à privada, é um dos traços fenotípicos mais marcantes e evidentes de nossa ancestralidade, denotando não apenas nossa etnia como também nosso status e pertencimento social. (SYNNOTT, 2002)

Os padrões estéticos brasileiros vêm sofrendo influências europeias desde a época da colônia. Os hábitos de consumo de modas e modos europeus da burguesia brasileira do século XIX contribuíram fortemente para reforçar os padrões estéticos daquele continente em nossa cultura (FREYRE, 1987). Posteriormente, no século XX, com a ascensão de Hollywood e a invenção da TV, a cultura norte-americana também passou a influenciar nossos hábitos de consumo e nossa estética. Assim, modas lançadas na Europa e nos Estados Unidos eram – e ainda são até hoje – seguidas, tão rapidamente quanto permitem os meios pelos profissionais da indústria de moda e estética brasileira e, conseqüentemente, por seus consumidores (QUINTÃO, 2013).

Todo este consumo gerou uma indústria capilar mundial, tanto mulheres quanto homens vêm sofrendo pressões da mídia e, conseqüentemente, das sociedades em que vivem, para se manterem dentro de padrões estéticos preestabelecidos.

Para os calvos, há tratamento capilar, implante e peruca; para os grisalhos há o tingimento e para os cabelos “rebeldes” há produtos e serviços para “domá-los”, como o alisamento e o relaxamento, entre outros. E assim seguimos, nos transformando conscientemente ou não – de acordo com os papéis que queremos ou precisamos exercer e os espaços que pretendemos ocupar (QUINTÃO, 2013).

1.2 O CABELO E A CRONOLIGA DO ALISAMENTO

Historicamente, diferentes tipos de materiais foram empregados com o objetivo de mudar a aparência física dos cabelos e obter fios mais lisos (DIAS et al, 2007). A tabela 1 abaixo mostra os produtos utilizados nos últimos anos.

Tabela 1: Cronologias dos produtos

Anos 50	 O Hidróxido de Sódio, que nada mais é do que a soda cáustica, foi introduzido no mercado na tentativa de alisar os cabelos, mas as consequências causadas por esse processo foram bastante danosas. Podia causar queimaduras, quebra do fio, irritações no couro cabeludo e até cegueira.
Anos 60	 A onda era o Henê. Incompatível com qualquer outro processo químico, aplicação lenta, maculada e sem nenhuma outra possibilidade de cor senão o preto. A única maneira de mudar a cor dos cabelos ou do processo de alisamento se dá apenas após o crescimento dos mesmos.
Anos 70	 Foi a vez do Tioglicolato de Amônia. Além de ser um processo demorado para a aplicação ainda é necessário ficar 48 horas sem lavar os cabelos sem poder dobrá-los, prendê-los ou amassá-los. Também não pode ser utilizado em qualquer tipo de cabelo.
Anos 80	 A vez do Hidróxido de Lítio. Mais suave e lento, comparado ao Hidróxido de Sódio e menos versátil que o Hidróxido de Cálcio, não dá resultado em qualquer tipo de cabelo. Mais indicado para os muito crespos e não tingidos.
Anos 90	 A Guanidina imperou. Uma substância com pH alcalino que penetra no córtex para levar ao alisamento. Não recomendada para cabelos porosos e extra danificados. Colorir, só com tintura sem amônia. Também não pode ser utilizado em cabelos que já tenham passado por outro tipo de alisamento.
2000	 Formol. Uma década em detrimento à saúde. Se tornou o principal processo químico para alisamentos, mesmo proibido pela ANVISA desde 2005. Um produto baratíssimo, com resultados surpreendentes. Mesmo com o seu odor asfixiante, profissionais e clientes, se renderam aos malefícios eminentes do produto. Ele destrói mucosas, (nariz e boca, devido inalação), machuca o couro cabeludo, pode provocar inflamação e feridas na pele, podendo até levar a uma calvície feminina. Os profissionais expostos a esse produto podem desenvolver sérios problemas de saúde, inclusive doenças graves

Fonte: Aqia Química Industrial, 2015

Por muito tempo, o alisamento dos cabelos era somente possível com o calor: o tão desejado cabelo liso era alcançado pelo método do “pente quente” (*hot pressing*, *peinado caliente* ou *hot comb*). (WILKINSON et al,1990; DIAS et al, 2007). Por representar um método barato e pela facilidade de poder ser realizado em casa dispositivos mais modernos e seguros para o alisamento a quente, foram criados. Fazendo com que este método seja utilizado até os dias atuais. Entretanto, a alta temperatura ao qual o cabelo é submetido apresenta riscos aos usuários (TECNOPRESS, 2007).

1.3 LEGISLAÇÃO

Segundo a resolução RDC nº 79 da ANVISA (2000),

Cosméticos, Produtos de Higiene e Perfumes 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.

Devido ao risco que pode ser apresentado por essas substâncias aos seus usuários, a legislação sanitária atualiza a lista de substâncias permitidas ou vetadas em produtos alisantes, bem como atualiza os registros destes produtos cosméticos e as concentrações já comprovados como seguras e eficazes para uso (LEONARDI, 2008).

O uso do formol como alisante capilar não é permitido pela ANVISA, pois esse desvio de uso pode causar sérios danos ao usuário do produto e ao profissional que aplica o produto, tais como: irritação, coceira, queimadura, inchaço, descamação e vermelhidão do couro cabeludo, queda do cabelo, ardência e lacrimejamento dos olhos, falta de ar, tosse, dor de cabeça, ardência e coceira no nariz, devido ao contato direto com a pele ou com vapor. (ANVISA, 2005)

Os produtos cosméticos registrados devem obrigatoriamente estampar, na sua embalagem externa, o número de registro, que sempre começa pelo número 2, e sempre terá ou 9 ou 13 dígitos (exemplo: 2.3456.9409 ou 2.3456.9409-0001). Esse número de registro é geralmente precedido pelas siglas “Reg. MS” ou “Reg. ANVISA”, o que significa a mesma coisa. (ANVISA)

2. ESTRUTURA DO FIO DE CABELO

Conhecer a estrutura do fio de cabelo e sua formação bioquímica é essencial para o entendimento do mecanismo de ação dos princípios ativos utilizados nos produtos para alisamento, pois estes agem diretamente sobre a estrutura química dos fios de cabelos para a obtenção de seu efeito alisante (VARELA, 2007).

O cabelo humano é constituído por, aproximadamente, 65% a 95% de proteínas, dependendo do estado do cabelo (COLENCI, 2007; ROBBINS, 1994). Proteínas são aminoácidos condensados, os quais podem ser combinados de diversas maneiras. Os outros constituintes dos fios de cabelo são: água, lipídios, pigmentos e traços de outros elementos, como cálcio, magnésio, ferro e zinco (ROBBINS, 1994).

O cabelo cresce a partir de folículos, invaginações do epitélio abrangendo uma área da derme, conhecida como papilas dérmicas, esta que é ricamente suprida por vasos sanguíneos e nervos sensoriais (LAI-CHEONG et al, 2009).

A composição de aminoácidos na fibra capilar pode ser influenciada pelos seguintes fatores: genéticos, ambientais (principalmente a exposição solar), tratamentos cosméticos e dieta (tais como dietas deficientes em proteínas) (ROBBINS, 1994).

A principal proteína constituinte do fio de cabelo é a alfa-queratina, uma proteína formada pelo encadeamento de um número grande de aminoácidos. Dos 20 aminoácidos que ocorrem nas proteínas, 18 estão presentes na queratina, que compreende mais de 85% da estrutura capilar (COLENCI, 2007). Esta proteína se destaca das demais pelo seu alto teor de ligações dissulfídicas, ou seja, pelo alto teor de ligações de enxofre entre resíduos do aminoácido cisteína (DELFINI, 2011).

Todas as cadeias polipeptídicas presentes na estrutura do cabelo estão arranjadas em paralelo e são ligadas por três tipos de ligações: ligação de cistina ou dissulfeto, ligações de iônicas e ligações de hidrogênio (VILLA et al, 2008).

2.1 A ESTRUTURA DO FOLÍCULO PILOSO

A raiz do cabelo, sua única parte viva, formada pela parte papila dérmica, pelo bulbo capilar e também por uma ou mais glândulas sebáceas. As glândulas sebáceas são as responsáveis pela produção da oleosidade natural do cabelo e da pele. Assim, a cada folículo piloso, está associada, pelo menos uma glândula de produção de óleo (GOMES, 1990).

Os principais elementos presentes no folículo piloso são: Papila dermal, bulbo, glândula sebácea, vasos sanguíneos e músculo ereto do pelo, conforme mostra a Figura 1.

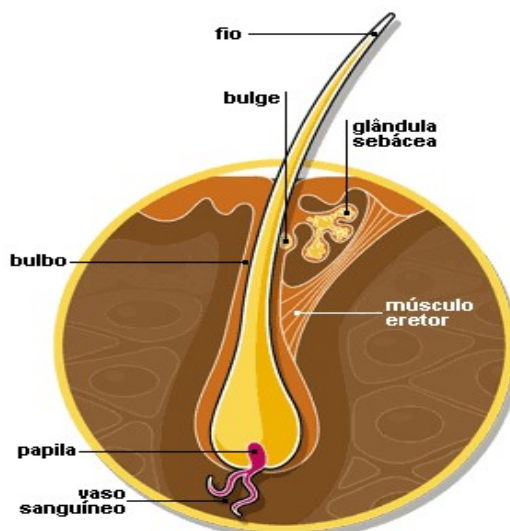


Figura 1. Estrutura do folículo piloso

Fonte: Clube do cabelo

A papila dermal é responsável pelo controle do ciclo folicular. O bulbo é responsável pela região de crescimento do cabelo. As glândulas sebáceas são responsáveis pela produção do sebo que é o elemento determinante no grau de oleosidade do cabelo, estão presentes em todos os folículos pilosos, dentro da pele e do couro cabeludo. O sebo produzido passa através de um canal,

emergindo a superfície pelo mesmo orifício que sai o cabelo e se espelha pelos fios e couro cabeludo. O músculo eretor do pêlo está associado a cada folículo piloso, em dias frios, há maior contração desse músculo e o pelo automaticamente fica ereto, comprimindo as glândulas sebáceas e lançando mais gordura para superfície da pele e couro cabeludo. Além dessas quatro estruturas, o folículo piloso possui muitos vasos sanguíneos. (REIS, 2001)

A forma do folículo piloso determina a forma do cabelo nas diferentes raças, não tendo nenhuma relação com a sua estrutura bioquímica. Assim, o folículo piloso em forma de espiral define a forma crespa do cabelo afro, o folículo reto define o cabelo espetado em haste reta, dos orientais e o caucasiano tem o folículo piloso intermediário (PEYREFITTE, et al 1998). Conforme mostra figura abaixo figura 2.

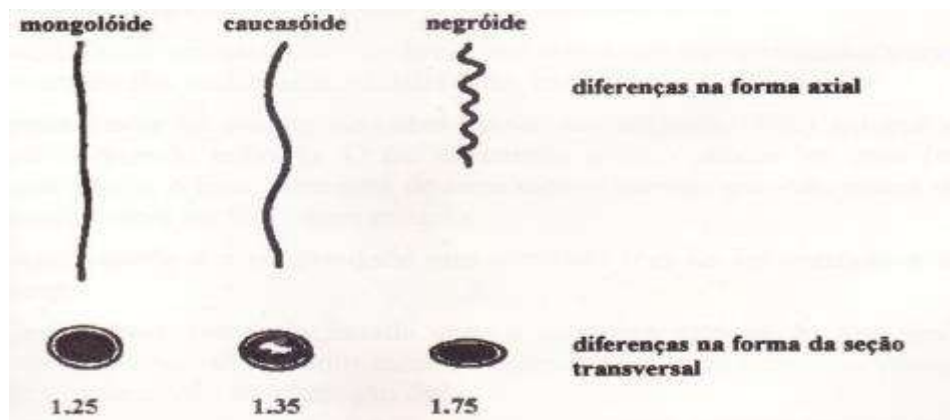


Figura 2. Representação esquemática do cabelo, mostrando as diferenças de origem racial
Fonte: Apostila Cabeleireiro

Diferenças de origem racial do cabelo:

- Monogolóide o modo como o folículo está implantado faz com que o cabelo cresça reto, perpendicular ao couro cabeludo
- Causiniano o cabelo cresce quase paralelo ao couro cabeludo, ele cresce enrolado nele mesmo
- Negroide o cabelo cresce num ângulo oblíquo ao couro cabeludo e é levemente curvado.

2.2 A ESTRUTURA INTERNA DO CABELO

A haste capilar é a parte visível do cabelo, formada pelas células queratinizadas (composta 85% praticamente de queratina), contendo grande quantidade de material organizado, de maneira que sua orientação espacial e estrutura bioquímica proporcionam à fibra resistência a fatores exógenos como fricção, tensão, raios ultravioletas (UV) e visíveis, ataques químicos entre outros. (BOUILLON e WILKINSON, 2005).

A haste é a parte do fio que sai do couro cabeludo, portanto, é um longo cilindro altamente organizado, formado de três partes principais: medula, córtex e cutícula, na ordem de dentro para fora. As três camadas da fibra capilar podem ser observadas na Figura 3.

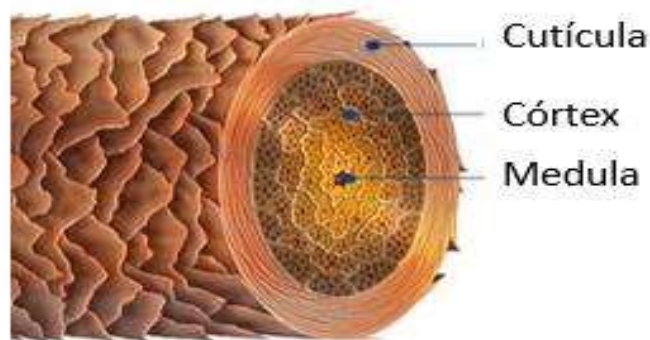


Figura 3. Principais camadas da fibra capilar.

Fonte: Cookie Tecnologia e Marketing

2.2.1 CUTÍCULA

É a parte externa do fio de cabelo e a unidade morfológica responsável pela proteção das células do interior do fio, sendo a principal barreira a penetração de agentes químicos para o interior da fibra, ou seja, a cutícula é uma barreira externa transparente que tem a função de proteger o córtex e controlar a entrada e saída de água do fio de cabelo. Tem função de proteção do fio, sendo responsável por todos os efeitos sensoriais do cabelo, como brilho, suavidade e maciez (MANSUR, GAMONAL; 2004).

São parcialmente sobrepostas entre si, podendo formar de cinco a dez camadas de placas, que oferecem uma excelente proteção ao córtex, ricas em

queratina (PAOLA, 1999). Entretanto, o número de camadas da cutícula diminui à medida que se aproxima a ponta do fio de cabelo, razão pela qual as pontas dos fios de cabelos são mais susceptíveis ao enfraquecimento e exigem maiores cuidados. Essas células estão organizadas como telhas de um telhado, com a borda livre direcionada para ponta da haste capilar, assemelhando-se a escamas sobrepostas (LEONARDI, 2008).

2.2.2 MEDULA

Medula é uma camada cilíndrica fina localizada no centro do fio de cabelo que possui um elevado teor de lipídeos e é pobre em cistina. Sua função ainda não está completamente esclarecida, embora suas células possam desidratar-se e os espaços possam ser preenchidos com ar (por serem células anucleadas) afetando a cor e o brilho nos cabelos.

A medula ou canal medular, é a camada mais interna do folículo, e sua presença ao longo do cabelo, geralmente, é descontínua ou até ausente e não interfere na estrutura do cabelo, sua textura é porosa, tem baixa densidade celular, sendo composta em sua maioria por células mortas e ocas. Pode estar vazio ou preenchido com queratina esponjosa (TORRES et al., 2005; HERNANDEZ, 1999;)

2.2.3 CÓRTEX

O córtex é o principal componente do cabelo, constituído por células cilíndricas de aproximadamente 1 a 6µm de espessura e 100µm de comprimento que se unem para a formação da matriz, local onde fica situada a queratina e outras proteínas (ROBBINS & CRAWFORD, 1991). É a parte mais espessa da haste, ocupa a maior parte da área do cabelo, compondo cerca de 90% da massa capilar. O córtex determina a forma do cabelo e é responsável pela resistência mecânica do fio. Nele são encontrados os pigmentos que dão cor ao cabelo. No córtex é onde os processos químicos envolvendo descoloração, alisamentos, permanentes e algumas tinturas possuem ação (NAKANO, 2006; PEYREFITTE et al 1998).

2.3 COMPOSIÇÃO BIOQUÍMICA DO CABELO

O cabelo possui vários elementos morfológicos e cada um tem diferentes espécies bioquímicas. Deve-se considerar o cabelo um sistema inteiro, no qual quase todos seus componentes podem atuar conjuntamente. O fio de cabelo é composto basicamente por Carbono (45%), Hidrogênio (7%), Nitrogênio (15%), Oxigênio (28%) e Enxofre (5%) que unidos, formam uma proteína chamada queratina que representa 85% da composição do cabelo, completado por 12% de água e 3% de lipídios. (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2015).

2.3.1 AMINOÁCIDOS

Existem apenas 20 aminoácidos essenciais, que são produzidos naturalmente, e que atuam como monômeros. Todas as proteínas existentes são diferentes combinações desses 20 aminoácidos, em diferentes sequências e quantidades. Esse processo ocorre com uma reação de condensação, onde há a eliminação de uma molécula de água, resultando em uma ligação amida (CO – NH), mais conhecida como ligação peptídica, como pode ser observado na Figura 4 (VOET et al 2002).

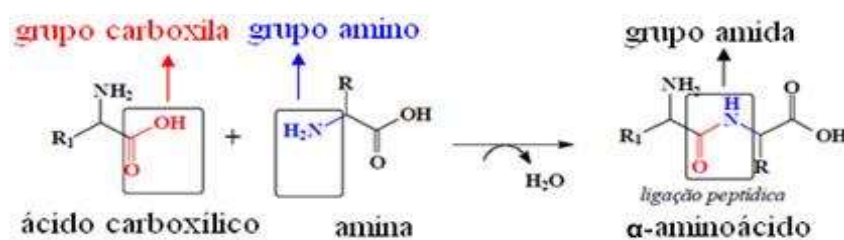


Figura 4. Esquema geral da reação de condensação entre aminoácidos, formando a ligação peptídica.

Fonte: Brasil Escola

Os aminoácidos são classificados de acordo com a polaridade de suas cadeias laterais, dividindo-se em três grupos: apolares, polares não carregados e polares carregados. Conforme mostra a figura 5

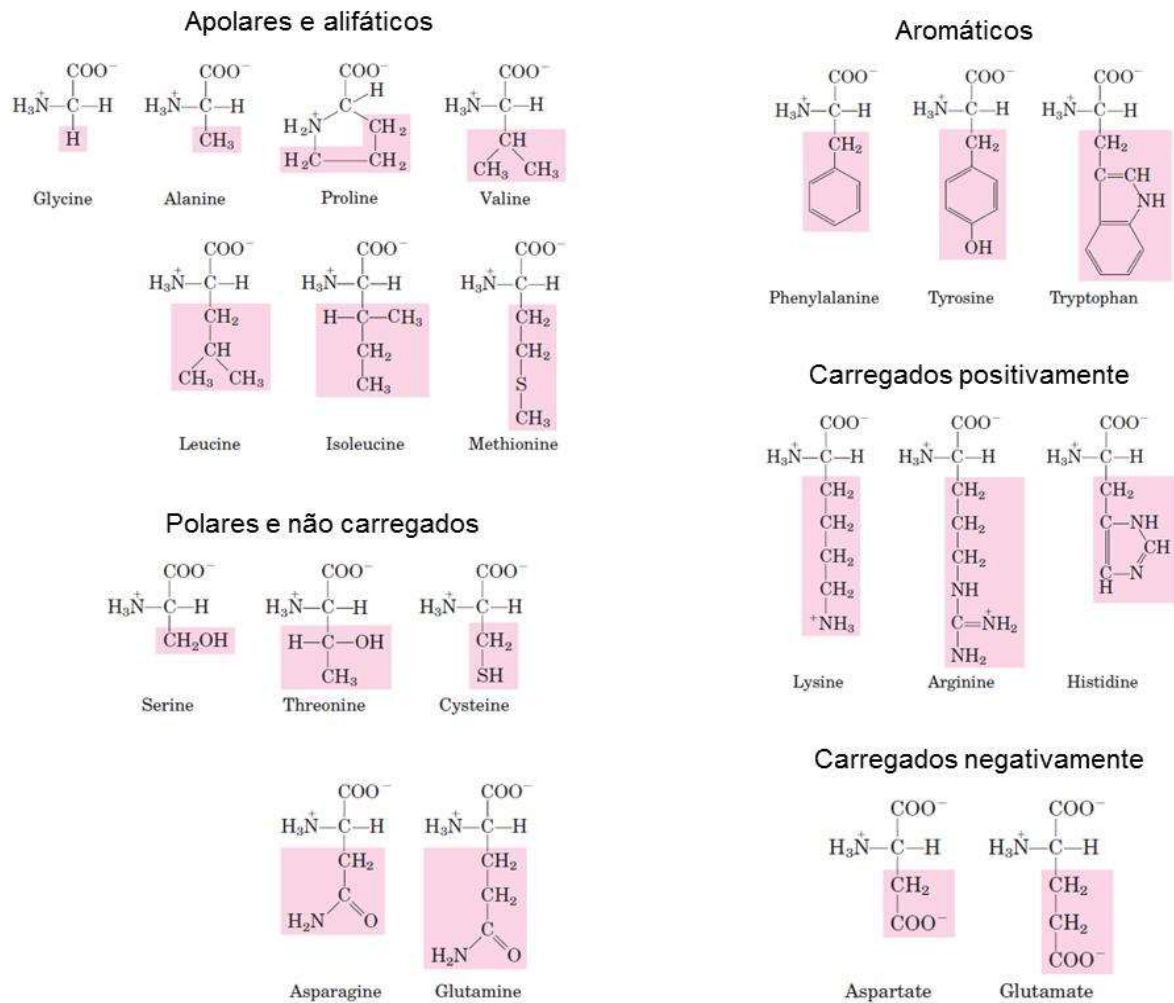


Figura 5. Classificação dos aminoácidos

Fonte: Nelson, Cox e Lehninger 2006

Os aminoácidos presentes na cutícula e no córtex capilar são similares e na maioria das vezes neutros (>70%), embora em geral o cabelo tenha uma carga negativa devido às cadeias laterais dos aminoácidos ácidos presentes.

Nenhuma diferença na composição de aminoácido foi detectada em relação às origens étnicas do cabelo. A característica comum é associada com a grande diversidade de tipo de proteínas dependendo de sua localização no cabelo (cutícula, medula e córtex) e também em subestruturas (DAWBER,1996)

2.3.2 PROTEÍNA

A fibra de cabelo é uma proteína, ou seja, um polímero biológico composto de aminoácidos unidos por ligações peptídicas. A sequência de

aminoácidos e conseqüentemente a composição precisa de várias proteínas são geneticamente detectadas.

O cabelo é basicamente, formado por uma proteína a alfa-queratina. Em cada fio de cabelo, milhares de cadeias de alfa-queratina estão entrelaçadas em uma forma espiral, sob a forma de placas que se sobrepõem, resultando em um longo e fino "cordão" protéico: o fio de cabelo. Repor essa proteína é essencial para manter a saúde dos fios. As químicas como relaxamentos, alisamentos, e os danos físicos causados pelo pentear, pela chapinha e pelo secador causam danos a estrutura dos fios, pequenas fissuras são formadas. A queratina preenche essas fissuras reconstruindo assim os fios. (WILKINSON e MOORE, 1990).

2.3.3 LIPÍDIOS

Os lipídeos do cabelo podem se originar de duas fontes. Podendo ser de lipídeos que se localizam em membranas de células ou da adsorção de sebo pelo cabelo em contato com o couro cabeludo. De 1-9% da massa do cabelo é constituída de lipídeo e na sua maioria é sebo (BOUILLON e WILKINSON, 2005).

É conhecido que a superfície externa das células cuticulares possui ácidos graxos ligados, tais como o ácido esteárico, ácido palmítico, ácido oléico e o ácido 18- metileicosanóico (18-MEA) e que essa composição superficial é a razão pela qual o cabelo é hidrofóbico e isolante elétrico. (LISBOA, 2007)

Os lipídios possuem um papel muito importante em algumas propriedades do cabelo. Estudos mostraram que a remoção de ácidos graxos ligados à superfície cuticular causa mudanças na molhabilidade do cabelo principalmente na cutícula (LISBOA, 2007). Nos cabelos afros tem-se um nível mais elevado de lipídeos que nos cabelos caucasianos (DAWBER, 1996).

2.3.4 ÁGUA

As proteínas têm uma afinidade particular pela água, um fator essencial para a estabilização dessas estruturas. As ligações com a molécula de água e a absorção da mesma afetam todas as propriedades físicas do cabelo e reflete

em uma alteração na arquitetura do cabelo. A capacidade de absorção de água dos cabelos de origem africana é menor quando comparado com cabelos asiáticos ou europeus (SWFT1997; DAWBER.,1996).

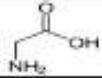
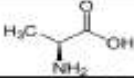
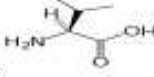
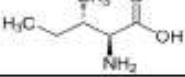
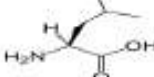
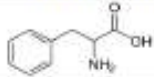
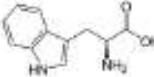
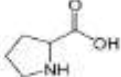
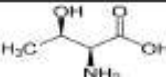
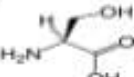
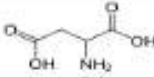
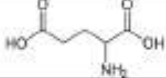
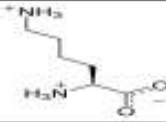
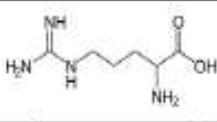
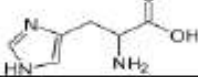
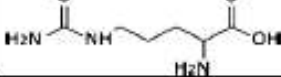
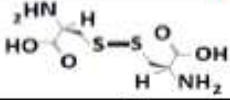
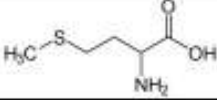
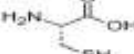
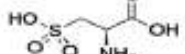
2.3.5 ELEMENTOS TRAÇOS

Os fios capilares também contêm uma elevada variedade de elementos inorgânicos, mas geralmente em nível baixo, elementos presentes no cabelo, tais como, Ca, Mg, Na, K e Cl são considerados macro minerais; enquanto que, por exemplo, Fe, Zn, Cu, Mn, I, Cr, Se e Mo são considerados elementos traço (PASSWATER, CRANTON, 1983). O total desse conteúdo é sempre menor que 1% e, em sua maioria, são metais. Esses elementos podem ter origem interna ou serem incorporado no cabelo durante a síntese no folículo, mas principalmente origina-se do meio ambiente. A análise de elementos traço no cabelo é utilizada pelo fato de que a concentração dos elementos no cabelo indica a concentração dos mesmos no organismo.

2.4 QUERATINA

Considerando a composição química, 80% do cabelo humano são formados por queratina. A queratina é uma proteína fibrosa insolúvel em água encontrada no cabelo, na pele e nas unhas, formada por cadeias polipeptídicas em forma de hélice. Assim, como outras proteínas, é composta por aminoácidos e pode ser apresentada também como forma de íon com cargas negativas e positivas. A tabela 2 a seguir apresenta os aminoácidos que compõe a queratina, bem como a porcentagem presente nos cabelos.

Tabela 2. Estruturas químicas de aminoácidos na forma hidrolisada, encontrados no cabelo humano

Hidrocarbonetos alifáticos ou acíclicos			
Glicina (4,5 – 5,2) %		Alanina (2,8 – 3,5) %	
Valina (5,0 – 5,8) %		Isoleucina (2,3 – 2,5) %	
Leucina (6,4 – 6,9) %			
Hidrocarbonetos Aromáticos			
Fenilalanina (2,2 – 2,8) %		Tirosina (2,1 – 2,7) %	
Hidrocarbonetos Heterocíclicos			
Triptofano (0,8 – 1,2) %		Prolina (7,0 – 7,8) %	
Hidroxilado			
Treonina (6,5 – 7,5) %		Serina (9,6 – 10,8) %	
Diácido			
Ácido aspártico (5,6 – 6,5) %		Ácido glutâmico (14,3 – 15,5) %	
Dibásico			
Lisina (2,6 – 3,1) %		Arginina (8,8 – 9,6) %	
Histidina (0,8 – 1,1) %		Citrulina (0,5 – 0,9) %	
Sulfúrico			
Cistina (14,0 – 16,5) %		Metionina (0,5 – 0,9) %	
Cisteína		Ácido Cistéico	

Fonte: BOUILLON e WILKINSON, 2005

As queratinas se agrupam em duas famílias: α - e β -queratina, mas a maior parte do cabelo está constituída por α -queratina. (SCHULMAN, 2014)

Recebe o nome de α -queratina pois sua estrutura possui forma de α -hélice. Esta estrutura espiralada é mantida devido a ligações de hidrogênio estabelecidas entre o hidrogênio e oxigênio dos grupamentos N-H e C=O,

respectivamente, situados a quatro aminoácidos de distância. (OLIVEIRA, 2015)

A β -queratina se diferencia por não ter cisteína, é menos estável e dura menos, mas é mais flexível devido à sua beta configuração. Podemos observar as estruturas da α - e β -queratina na Figura 6 a seguir. (SCHULMAN, 2014)

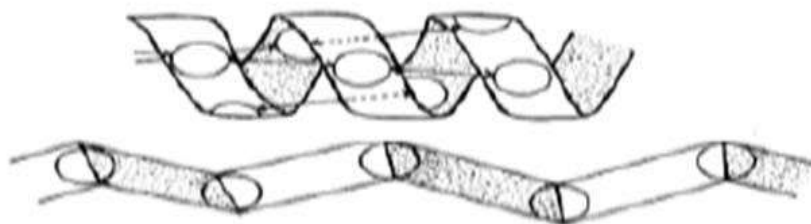


Figura 6 - Estrutura da α - (superior) e β -queratina (inferior)

Fonte: ISIC - INSTITUTO SCHULMAN DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Sua estrutura e disposição se mantêm graças às ligações formadas nas cadeias polipeptídicas, podendo ser pontes dissulfeto (ligações entre as cisteínas), ligações iônicas (entre cadeias laterais ácidas e básicas), pontes de hidrogênio (uniões frágeis entre aminoácidos) ou forças de Van der Waals (muito frágeis, fornecem estabilidade molecular e possibilitam a dobragem da queratina). (SCHULMAN, 2014)

2.4.1 PONTE DE DISSULFETO

Dentre os aminoácidos, a cisteína possui uma propriedade físico-química única, pois possui um grupo tiol que pode formar uma ponte dissulfeto com outra cisteína, pois ficam apontadas para fora da α -hélice, resultando no aminoácido cistina, pela oxidação dos agrupamentos tióis cadeia lateral da cisteína, ou seja, as cadeias laterais dos aminoácidos criam ligações covalentes enxofre-enxofre, difíceis de serem rompidas, chamadas de ligações dissulfeto, como observado na Figura 7 (VOET et al 2002; DEVLIN, 2007).

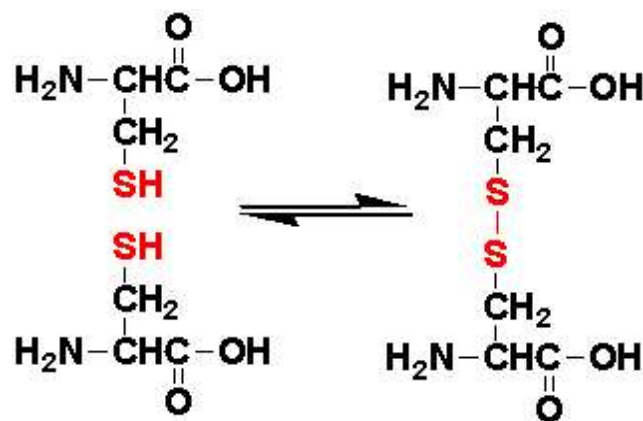


Figura 7. Formação da cistina por pontes dissulfeto

Fonte: COLENCI, 2007 (adaptado).

Proporcionando força e resistência mecânica aos fios de cabelo (COLENCI, 2007). A redução das ligações dissulfídicas altera a conformação e as propriedades mecânicas dos fios de cabelo e é o fundamento do alisamento químico e das ondulações permanentes (NOGUEIRA, 2003).

2.4.2 LIGAÇÕES IÔNICAS

As ligações iônicas também podem ser chamadas de interações eletrostáticas ou ligações salinas. Ocorre entre as cadeias laterais dos aminoácidos, resultado da interação entre cadeias laterais básicas (íons amônio positivamente carregados) e cadeias laterais ácidas (grupo carboxila negativamente carregados) (COLENCI, 2007).

Ligações iônicas são ligações fracas, ácidos ou alcalinos fracos podem romper essas ligações que podem também se dissolver na água, fazendo com que seja possível estabelecer uma nova forma usando calor intenso. São um pouco mais fortes do que as pontes de hidrogênio, e se desfazem quando o pH do cabelo assume níveis mais ácidos ou alcalinos que o padrão dos fios, se reconstituindo assim que o pH volta ao normal. A Figura 8 mostra a reação de iônica entre os aminoácidos.

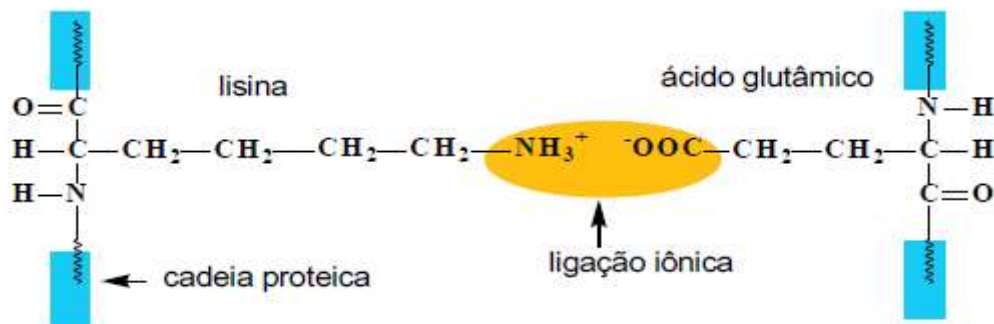


Figura 8. Ligação iônicas entre os aminoácidos

Fonte: KOHLER, 2011

2.4.3 LIGAÇÃO DE HIDROGÊNIO

Ocorre entre um átomo de hidrogênio de um grupo hidroxila, -OH, proveniente de um aminoácido específico e o átomo de oxigênio do grupo carbonila proveniente de outro aminoácido (REIS, 2001).

São consideradas ligações fracas pois sofrem hidrólise facilmente na presença de água (VARELA, 2007). Por isso podemos modificar mais facilmente a forma do cabelo quando ele está molhado, pois estas ligações são favorecidas. Entretanto, são ligações numerosas que contribuem para a estabilização da estrutura da proteína (COLENCI, 2007). A Figura 9 mostra a ligação de hidrogênio entre as cadeias protéicas.

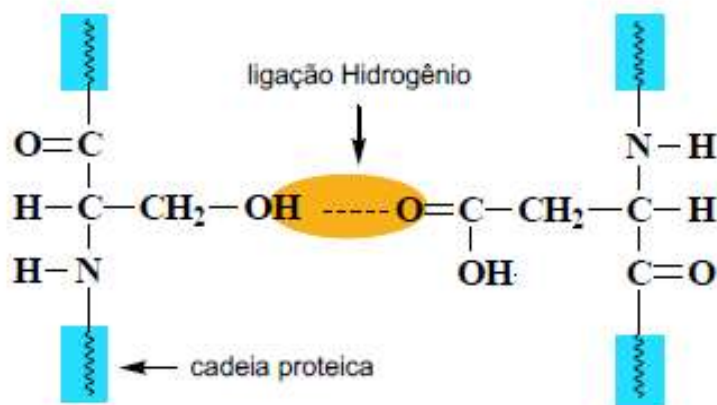


Figura 9. Ligação de Hidrogênio

Fonte: KOHLER, 2011

2.5 pH DOS CABELOS

O pH (potencial hidrogeniônico) é usado para indicar a acidez ou a alcalinidade de uma substância determinada pela quantidade de íons hidrônio (H_3O^+). O conceito de pH foi definido em relação à água em uma escala que varia de 0 a 14. A água pura possui pH igual a 7, o que chamamos de pH neutro, produtos que possuem pH abaixo de 7 são considerados ácidos, produtos que possuem pH acima de 7 são considerados alcalinos. (CONSTANTINO, 2004)

O pH do cabelo varia entre 4,5 a 5,5, denominado pH natural aquele que faz com que as cutículas fiquem perfeitamente planas e alinhadas, de forma que, quando utilizamos produtos muito ácidos (pH entre 1 e 2), assim como produtos muito alcalinos (pH acima de 10), ocorre um inchamento do cabelo, pois as cutículas se abrem.

O córtex fica mais exposto (menos protegido pelas cutículas) e, é dessa forma que os tratamentos químicos como: alisamentos, permanentes e coloração são mais eficazes. Conforme mostra a figura 10. Esses produtos são alcalinos. Quando as cutículas estão mais abertas e o córtex está menos protegido, dizemos que aumentou a porosidade do cabelo (GOMES, 1999).

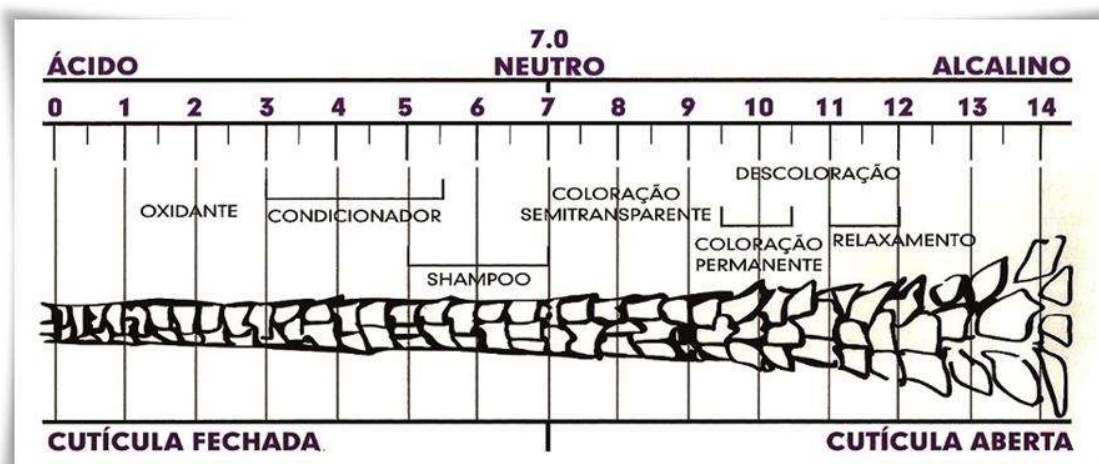


Figura 10: pHmetro do cabelo
Fonte: Resuminho Básico

3. ESTUDO SOBRE A LACASE

3.1 ENZIMAS

As enzimas são catalisadores das reações que ocorrem nos sistemas biológicos; elas possuem uma eficiência catalítica extraordinária, que é muito maior comparada aos catalisadores químicos. As enzimas aceleram reações químicas específicas e limitadas a um determinado grupo de substratos. Funcionam em soluções aquosas e mistas (aquoso/solvente) em condições também limitada de variação de pH. As enzimas aumentam a velocidade de reação proporcionando um novo mecanismo de reação onde o valor de energia de ativação do sistema é menor. Com exceção de um pequeno grupo de moléculas de RNA, com propriedades catalíticas (ribozimas), todas as enzimas são proteínas (VOET et al 2002).

3.1.1 NOMENCLATURA E CLASSIFICAÇÃO DAS ENZIMAS.

A tabela 3 mostra a classificação das enzimas

Tabela 3: Classes de enzimas

Classes de enzimas	Subclasses mais utilizadas	Reações mais comum
Hidrolases	Esterases, lipases amidases (proteases e acilases), fosfatases e epóxido hidrolases	Hidrolise e formação de esteres, amidas, fosfato e hidrólise de epóxidos
Oxirredutases	Desidrogenases, mono e dioxigenases, peroxidases	Oxidação e redução de álcoois, epoxidação, hidroxilação de alcenos e alcanos
Transferases	Quinases	Fosforilação (dependente de ATP)
Ligases	Aldolases, transaldolases, glicosidases, transaminases	Reação aldólica, formação de ligação glicosídica, formação de ésteres sulfato e ligações C-N
Liases	Carboxilases, amônia-liases, hidrolases	Adição e eliminação em ligações como C=C, C=O, C=N.
Isomerases	Racemases, epimerases	Isomerações com racemização, epimerização, rearranjo

Fonte: OLIVEIRA, MANTOVANI, 2009.

As enzimas são classificadas em seis classes principais, nas quais estão incluídas subclasses de acordo com o tipo de reação catalisada. De acordo com esta sistemática, cada enzima é designada por um nome recomendado, usualmente pequeno e apropriado para o uso diário, um Nome Sistemático, o qual identifica a reação catalisada, e um Número de Classificação, o qual é usado quando uma identificação precisa é necessária.

4. LACASE

A primeira descrição da enzima lacase foi feita em 1883 por Yoshida, originada de uma árvore japonesa *Rhus vernicifera* e em 1985 foi caracterizada como uma oxidase contendo metal. A enzima foi caracterizada como uma oxidase contendo co-fatores inorgânicos metálicos que na década de 30 se provou que eram átomos de cobre. (MAYER & STAPLES 2002).

Lacase *benzenodiol: oxigênio redutase*, é incluída no grande grupo das polifenoloxidasas, pertencente à classe de enzimas oxidoreductase, (proteínas azuis com cobre) também denominadas oxidases “multicopper” que catalisam uma reação de transferência de elétrons a partir de vários compostos e é incluída no grande grupo das polifenoloxidasas (ALVES, 2011)

As polifenoloxidasas são capazes de oxidar substâncias fenólicas para iniciar o processo de polimerização, sendo por isso classificadas como polifenoloxidasas. (GIANFREDA et al., 1999). As lacases não são específicas oxidando uma ampla gama de substratos orgânicos ou inorgânicos, incluindo fenóis, mono-, di- e polifenóis, aminofenóis, metoxifenóis substituídos, poliamidas, aminas aromáticas, diaminas aromáticas, ácido ascórbico, anilinas, benzenotiois, compostos biológicos, fenoxazina, ferrocitocromo, reveratrol, E-viniferina, 4-n-nonilfenol e compostos orto-substituídos como guaiacol, ácido cafeico, ácido gálico, dihidroxifenilalanina, pirogallol e o-fenilenodiamina, ferrocianina e uma série de outros compostos. Para além de compostos orgânicos as lacases catalisam a oxidação de alguns íons inorgânicos: Mo(CN)_8^{4-} , Fe(CN)_6^{4-} , Os(CN)_6^{4-} e W(CN)_8^{4-} (ALVES, 2011).

Pode ser dividida principalmente em duas categorias segundo a sua origem: plantas e fungos. Os principais micro-organismos produtores de lacase

são os fungos da podridão branca da madeira. *Trametes versicolor* é um dos mais estudados fungos da podridão branca da madeira produtor de lacase (GARG, 1999). Neste tipo de fungo, a lacase é produzida dentro das células e excretada para o exterior dos filamentos das hifas.

O número de isoenzimas da lacase pode ser superior a cinco dependendo da espécie do fungo e das condições ambientais de crescimento.

4.1 O FUNGO *Trametes versicolor*

Trametes versicolor, é o mais comum habitante encontrado na madeira, causando a podridão branca. Este fungo pertence à classe dos *Basidiomycetes*, ordem *Polyporales*, família *Polyporaceae* (ALEXOPOULOS&MIMS, 1979). Existem cerca de 100 gêneros nesta família.

É um cogumelo facilmente reconhecido pelo seu corpo frutífero (ou basidiocarpo) que se apresenta em forma de “cauda de peru”, como mostra a Figura 11.



Figura 11: *Trametes versicolor*
Fonte: Pro biotech

Trametes versicolor é um dos mais eficientes fungos degradadores da madeira que promove a deterioração simultânea da lenhina, celulose e hemicelulose (TANAKAet al. 1999). Este fungo também é bastante usado na

medicina tradicional do leste Asiático devido às suas propriedades medicinais (CUIE CHISTI, 2003).

4.2 CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DA LACASE

A lacase pertence à família das enzimas de cobre azul, em termos estruturais, esta enzima é uma glicoproteína que exibe uma heterogeneidade adicional devido ao conteúdo variável de hidratos de carbono e de cobre (Yaropolov *et al.*, 1994). A maioria das diferentes lacases (diferentes fontes) conhecidas apresentam:

- I) Massa molecular (MM) na faixa de 60-70 kDa, sendo conhecidas lacases com MM na faixa de 60-130 kDa.
- II) Apresentam-se na forma de 2 ou 3 isoenzimas, em geral denominadas La (ou lcc) I, II e III. III) possuem estrutura de glicoproteína, com 15-20% de conteúdo relativo de carboidratos.
- III) Todas as lacases conhecidas contêm cobre, em geral 4 átomos de cobre por molécula, os quais apresentam um número de oxidação 2⁺.

As enzimas fúngicas têm geralmente pH ótimo que varia entre 3,0 e 5,2. A temperatura ótima da maioria das enzimas encontra-se no limite de 30°-70°C, podendo variar conforme a espécie e com o substrato utilizado, embora existam exceções.

4.3 MECANISMO DECATÁLISE DA LACASE

A lacase catalisa a oxidação de uma variedade de substratos como os polifenóis, diaminas e alguns compostos inorgânicos. As reações de oxidação com a lacase envolvem a transferência de elétron de uma molécula para outra.

As reações de catálise são feitas através da oxidação de um elétron do substrato reduzido, com concomitante redução de quatro elétrons do oxigênio a água (LEITNER *et al.*, 2002). Usualmente as lacases de fungos contêm 4 átomos de cobre distribuídos em 3 sítios de ligação diferentes, que são

identificados por densidade eletrônica. O Cobre é coordenado por duas histidinas e uma cisteína, que se encontra em um arranjo triangular plano. Cada íon de cobre parece desempenhar um papel importante no mecanismo catalítico (THURSTON,, 1994; SOLOMON et al., 1996). O primeiro sítio, tipo 1 (T1), é responsável pela cor azul da enzima devido à máxima absorbância a 605 nm e é coordenado com a cisteína; o tipo 2 (T2) não exibe sinal no visível e funciona como aceitador de um elétron e o tipo 3 (T3) incorpora dois centros de cobre fortemente acoplados, sendo responsável pela banda a 330 nm e funciona como aceitador de dois elétrons (SOLOMON et al., 1996). Diferentemente das outras oxidases de cobre, o quarto ligante é substituído pela fenilalanina. Ela está organizada em três domínios arranjados sequencialmente. A Figura 12 mostra a estrutura tridimensional da lacase obtida pelo *Trametes versicolor*.

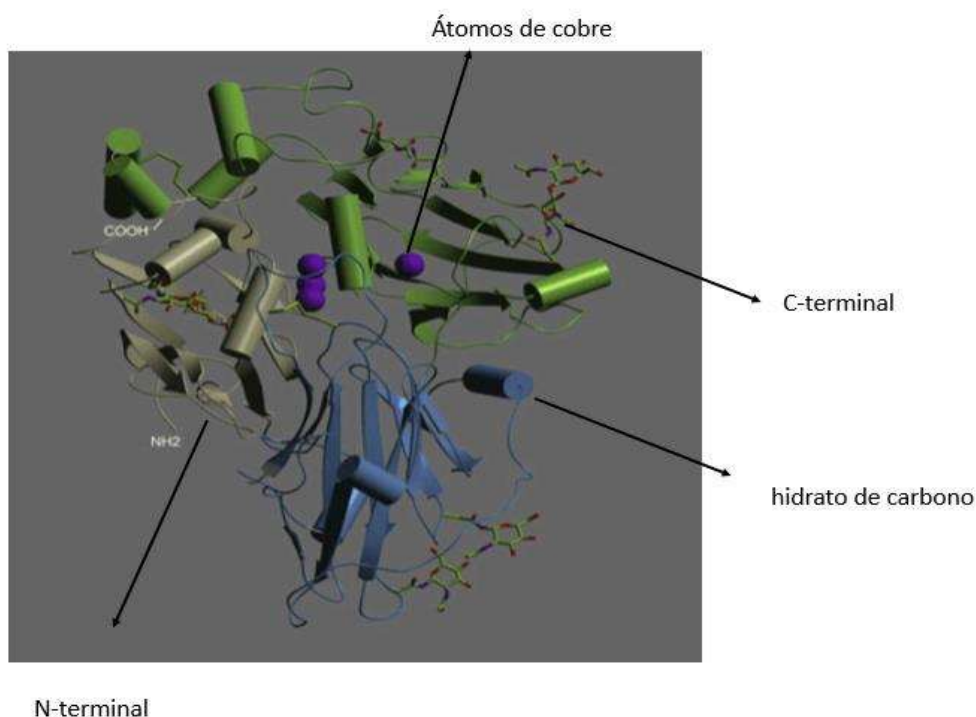
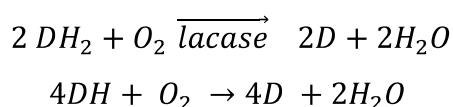


Figura 12 - Diagrama de da estrutura da lacase de *Trametes versicolor*.
Fonte: (PIONTEK et al.; 2002)

Os três domínios (T1, T2 e T3) estão mostrados a cores diferentes. Os átomos de cobre são as esferas azuis e a porção de hidrato de carbono são os modelos em bola e bastão. A parte cinzenta é o N-terminal e a verde o C-terminal. O sítio T1 é a esfera isolada. (PIONTEK et al., 2002).

Estas enzimas são divididas em lacases com alto potencial redox e lacases com baixo potencial redox. Lacases com alto potencial redox ocorrem principalmente em fungos da “podridão branca”, enquanto que as de baixo potencial redox são comumente encontrados em insetos, bactérias, leveduras e vegetais (MIKOLASCH; SCHAUER, 2009).

As reações típicas (de todas as oxidases azuis) podem ser descritas de acordo com a seguinte reação (1), onde D pode ser um radical orgânicos ou inorgânicos:



Este tipo de reação pertence aos fundamentos da biologia/bioquímica no metabolismo do oxigênio (CALL; MUCK, 1997). Lacases pertencem a uma classe de oxidases que não necessitam da adição ou síntese de cofatores de baixa massa molar, como no caso do peróxido de hidrogênio para a peroxidase. A enzima utiliza como cosubstrato o oxigênio molecular, já disponível no ambiente, reduzindo os custos de produção (ARORA; SHARMA, 2009).

Reações oxidativas de lacase também podem ser utilizadas para a síntese de compostos biologicamente ativos, como novos antibióticos do tipo penicilinas e cefalosporinas. Na derivatização de aminoácidos, com a utilização das reações oxidativas de lacase é possível criar ligações entre proteínas que contenham elevada quantidade de lisina, o que pode ser importante para o desenvolvimento de novos tipos de adesivos e biomateriais (MIKOLASCH; SCHAUER, 2009).

Reações catalisadas por lacase também já foram utilizadas para a produção de pigmentos como a melanina. Como os polifenóis são os blocos construtivos dos pigmentos naturais do cabelo, é possível criar versões sintéticas deste pigmento no cabelo, desenvolvendo melaninas pretas, marrons etc (COVINGTON et al., 2005).

Outro exemplo é a produção de polifenóis com a utilização da reação de oxidação de lacase, processo em que tradicionalmente é utilizado formaldeído.

Desta forma produzem-se compostos fenólicos por um processo não tão agressivo e ambientalmente amigável (UYAMA et al., 2003).

Em suma, lacase é tipicamente uma oxidase que catalisa reações de oxidação, na ausência de H_2O_2 utilizando, portanto, oxigênio (O_2) como oxidante, o qual é reduzido a H_2O num processo de oxidação envolvendo no total quatro elétrons.

5. PROCESSO DE ALISAMENTO

Para uma modificação permanente da forma do cabelo é necessário que seja alterado certo número de ligações de dissulfeto, “amolecendo” o cabelo para dar-lhe a forma desejada e, em seguida, refazer essas ligações para fixar o novo formato (GOMES, 1999; BOULDUC, SHAPIRO, 2001). Esse é um procedimento superficial e não altera o cabelo que ainda está para nascer.

O primeiro requisito para um tratamento eficaz de alisamento é a capacidade de induzir a supercontração da fibra capilar que estaria ligado com certos acontecimentos moleculares, como a dobragem da cadeia e transformação de alfa-beta do polipéptido na queratina do cabelo, ou seja, o primeiro passo no processo de alisamento é o desenrolar da ondulação do cabelo com a ação de inchamento (intumescimento) radial da fibra e a subsequente super contração da fibra, onde deve ser irreversível e substancial (5% ou mais), pois só assim o alinhamento permanente pode ser alcançado. (FRANÇA, 2014)

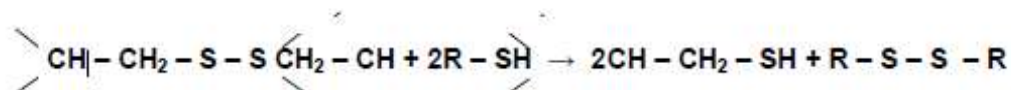
As técnicas utilizadas no processo de alisamento são basicamente duas e cada uma induz uma modificação química específica no cabelo com diferentes propriedades mecânicas e de alisamento. A primeira técnica de alisamento consiste na redução/oxidação da fibra, que promove uma característica plástica após a fase de redução recuperando sua elasticidade e fixação. A segunda técnica, utilizando produtos alcalinos, apresenta propriedades mecânicas modificadas de uma forma irreversível e com características plásticas de extensão e alongamento. Essa técnica é mais efetiva com maior durabilidade do efeito liso devido à modificação da fibra capilar. Lembrando que as duas técnicas são incompatíveis entre si e se

desejar fazer a troca de produtos é necessário aguardar o crescimento dos fios (ZVIAK e SABBAGH, 2005).

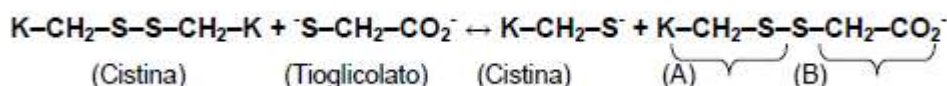
5.1 ALISAMENTO COM ÁCIDOS

Os fios de cabelos são compostos por proteínas de estruturas espiraladas, ligadas por uma ligação dupla de enxofre. Estas ligações são responsáveis pela estrutura do cabelo e podem ser quebradas por algumas reações de redução. Os agentes redutores mais comuns são o ácido tioglicólico e seus derivados, tais como tioglicolato de amônio, tioglicolato de etanolamina e bissulfito. Estes agem sobre a queratina dos cabelos, quebrando as ligações dissulfídicas entre as unidades de cistina, formando a cisteína, o principal componente de queratina (DIAS et al, 2007).

Um processo combinado do tratamento químico com o térmico e normalmente utilizado para o alisamento permanente. No químico há um processo de redução utilizando tioglicolato de amônio, com uma degradação das pontes dissulfídicas presente no cabelo. O grupo tiol reduz a frio as ligações de enxofre seguindo a reação 1:

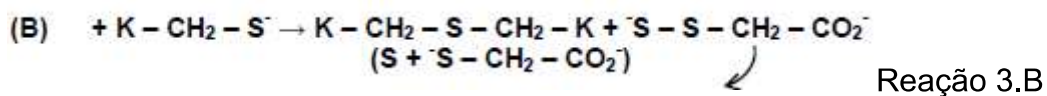
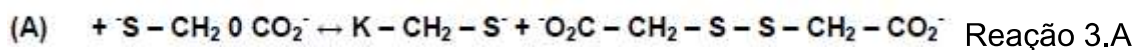


O principal produto utilizado como alisante age com o ácido tioglicólico com pK elevado de 10,4, mais especificamente o seu sal de amônio, ou seja, o tioglicolato de amônio e a primeira etapa da reação forma uma mistura de dissulfeto, conforme reação 2:



Legenda: K = cadeia de queratina, A e B = segunda etapa da reação de redução da fibra capilar.

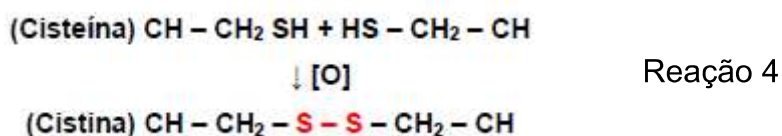
A segunda etapa da reação pode seguir por dois caminhos distintos e as modificações que ocorrem no cabelo está ligada a uma substituição nucleofílica, conforme reações 3 (A) e 3 (B).



Toda redução da queratina pelo ácido tioglicólico acontece em meio levemente alcalino (pH 9,5) e conduz a formação de cisteína e lantionina comum a concentração inferior ao enxofre. Uma diminuição do pH melhora a formação da mistura de dissulfeto conforme reação A devido uma concentração baixa de tiolato ($^-\text{O}_2\text{C} - \text{CH}_2 - \text{S}$).

No processo térmico há uma super contração por aquecimento e esse nível está relacionado à manutenção da configuração lisa do cabelo, resultado da transformação irreversível da forma α na fase amorfa seguida de novas ligações das pontes dissulfídicas após a oxidação final.

A etapa de oxidação é necessária para o endurecimento da estrutura sob a nova forma imposta, lisa, e o processo consiste de uma simples redução de cisteína a cistina com a indução da formação de fibras com ligações cruzadas para restaurar as propriedades mecânicas iniciais do cabelo, conforme reação 4. (FRANÇA, 2014)



Os pares de grupos de cistina se apresentam em posições favoráveis para restabelecer uma ponte dissulfídica sob ação do oxigênio.

5.2 ALISAMENTO COM BASES

Os alisantes as bases de hidróxidos metálicos deverão conter em sua formulação uma ou mais das seguintes substâncias: hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, hidróxido de lítio, hidróxido de magnésio, carbonato de guanidina e hidróxido de cálcio (VARELA, 2007).

$$\text{C-S-S-C} + \text{Base Hidróxido} \rightarrow \text{C-S}^- \text{ } ^-\text{S-C} \rightarrow \text{C-S-C}$$

cistina base alisante duas cisteínas Lantionina

Reação 5

$$\text{C-S-S-C} \quad (\text{lantionização}) \quad \text{C-S-C}$$

6. PARTE EXPERIMENTAL

Os produtos para alisamento e relaxamento de cabelos, estão em evidência no mercado brasileiro. No Brasil a busca por praticidade e questões relacionadas a estética, fornece consumidores que desejam os fios menos cacheados ou lisos. O mecanismo do processo de alisamento depende dos constituintes químicos do produto utilizado, podendo-se dividir os produtos para alisamento em duas categorias: alisantes com os hidróxidos metálicos (sais metálicos) e alisantes com o tioglicolato de amônio (GOMES,1999; SCHUELLER 2002; WILKINSON 1990).

31

nos produtos capilares, com a função de conservação do produto contra a ação de microrganismos e não como alisantes. O uso indevido do formol e do glutaraldeído, como alisantes, pode causar danos aos usuários e aos profissionais que o manipulam, os danos mais comuns são: irritação, coceira, queimadura, inchaço, descamação e vermelhidão do couro cabeludo, queda do cabelo, ardência e lacrimejamento dos olhos, falta de ar, tosse, dor de cabeça, ardência e coceira no nariz, devido ao contato direto com a pele ou com vapor. Várias exposições podem causar também boca amarga, dores de barriga, enjoos, vômitos, desmaios, feridas na boca, narina e olhos; e câncer, nas vias aéreas superiores (nariz, faringe, laringe, traqueia e brônquios), podendo até levar a morte (ANVISA, 2015).

Devido aos efeitos adversos relacionados a toxicologia dos produtos utilizados para alisamento, estudos foram proporcionados sobre uma via alternativa para alisamento que não oferecesse danos à saúde do profissional e do consumidor.

O produto em estudo alisa o cabelo e recompõe a fibra capilar sem a utilização desses agentes que podem causar risco a saúde. Como objetivo inferir o processo de alisamento capilar e qual a finalidade de utilizar uma enzima no composto. Para isso foi analisado os componentes descrito no rótulo do produto, a partir desses reagentes foi inferido como ocorre esse alisamento.

Os componentes presentes no rótulo da Bio lacase são: aqua, cetearyl alcohol, cetrimonium chloride, cetyl alcohol, alpha isomethyl ionone, cyclopentasiloxane, glutamic acid, ceteareth 20, mica, pantenol, hidroluzed silk, argania spinosa kernel oil (argan oil), acid citric, mauritia flexuosa fruit oil, acorus calamus root oil, macadamia ternifolia seed oil, commiphora myrrha, elaeis oleira kernel oil, cocos nucifera oil, behentrimonuim methosulfate, hexyl cinnamal, hidrolazed keratin,, titamiun dioxide, cystine, arginine, proline, leucine, genaciol,phenylalanine, methionine, aspartic acid, threonine, valine,histidine, gardênia, butyphenylpropional, hidroxycitronellal, eugenol, cumarina, tocepherol, metilisotiozolinona, methylchloroisothiazolinone.

Dos componentes citados 12 são aminoácidos, tais aminoácidos estão presentes na composição da queratina do cabelo. Estão presentes também conservantes, neutralizantes, emulsificantes, compostos de fragrância, antioxidantes, agentes desembaraçastes, vitaminas e alcalinizastes.

O produto analisado Bio lacase é uma alternativa livre de formaldeído totalmente natural. Composto possui em sua mistura, queratina hidrolisada e *Trametes versicolor* extrato. *Trametes versicolor* é um tipo de cogumelo que contém a enzima lacase. Pode ser bastante difícil alinhar o cabelo por longos períodos de tempo sem infligir danos. Isto se deve ao fato das queratinas encontradas no cabelo serem proteínas alfa-hélice, ou seja, proteínas fibrosas muito fortes e insolúveis. Embora existam várias ligações químicas diferentes que afetam a forma e a textura do cabelo, duas ligações importantes a serem consideradas incluem a ligação de hidrogênio entre os grupos amida e as pontes de dissulfeto.

Os ativos para quebra das pontes dissulfeto podem apresentar caráter ácido ou básico. O mecanismo de ação dos ácidos é diferente do mecanismo de ação das bases. Os produtos compostos por ácidos em processos de transformação capilar, normalmente, apresentam formulações de pH básico. Esse pH é importante para abrir as cutículas dos fios e permitir a entrada do ativo ácido ao córtex para iniciar as reações químicas de transformação, para isso é utilizado xampu anti resíduos.

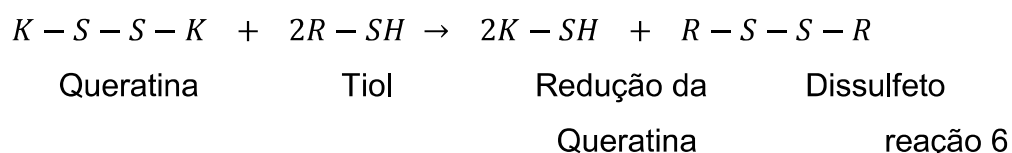
No produto estão descritos três tipos de ácidos, que são eles ácidos glutâmico, aspártico e cítrico. Esses ácidos quando submetidos a concentrações altas agem modificando as interações da queratina. Eles atuam como agente controlador de pH, agem como aditivo melhorando a hidratação e a maciez dos cabelos, agem também nas cadeias internas do fio, que são responsáveis por sua forma. Liberam substâncias que promove a quebra de pontes de cistina. E a quebra da ponte de cistina da origem a duas cisteínas. A cisteína é um aminoácido comum no cabelo, faz parte das ligações de cistina que dão forma final ao cabelo, de acordo com o *The Science of Hair*, a cisteína tem ação similar à do tioglicolato para alisamento capilar, ou seja, superficialmente, parece um tiol ideal, contudo ela é uma molécula instável, que pode precipitar, durante o processo químico deixando o alisamento incompleto. Taxas mais elevada dos íons RS^- na loção de alisamento, acelera a reação que irá ocorrer. Esta taxa depende, por sua vez sobre a constante de ionização de K_i do tiol determinado, a natureza do composto de tiol, expressa pelo seu pK_a , determinando o nível de equilíbrio das reações e a natureza das reações competitivas que poderiam ocorrer de acordo com o pH, tabela 4.

Tabela 4: pK dos Tiois

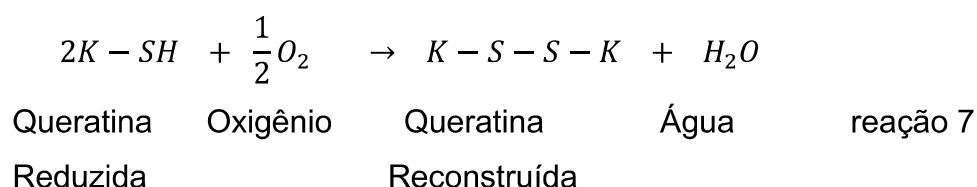
Thiol	Formula	pK
Cysteine	HS-CH ₂ -CH-COOH NH ₂	10.8
Dimercapto-adipic acid	-(CH ₂ -CH-CO ₂ H) ₂ SH	10.8
Cysteamine	HS-CH ₂ CH ₂ -NH ₂	10.8
Thioglycollic acid	HS-CH ₂ -COOH	10.4
Thiolactic acid	HS-CH(CH ₃)-COOH	10.4
β-Mercapto-propionic acid	H S-CH ₂ CH ₂ -COOH	10.4
Monothioglycerol	HS-CH ₂ -CHOH-CH ₂ OH	9.3
Thioglycolamide	HS-CH ₂ -CONH ₂	8.4
Thioglycolic hydrazide	HS-CH ₂ -CO-NH-NH ₂	8.0
Glycol thioglycollate	HS-CH ₂ -COO-CH ₂ -CH ₂ -OH	7.8
Glycerol thioglycollate	HS-CH ₂ -COO-CH ₂ -CHOH-CH ₂ OH	7.8

Fonte: (BOUILLON, WILKINSON, 2005)

As reações generalizadas prováveis na ligação cistina pode ser definido da seguinte forma (reação 6), contudo a ação de redução é governada por uma série de equilíbrios complexos que dependem vários parâmetros (pH, concentração, stress durante a laminação, natureza dos tiois empregada, grau de intumescimento da fibra, tempo, temperatura, etc.):



Na oxidação, as ligações dissulfeto, as ligações dissulfeto são regeneradas de acordo com a seguinte reação.



Tendo em vista que o produto analisado não contém outro tiol que não seja a cisteína, inferimos que ela vai agir reduzindo a queratina, para o alisamento ficar permanente tem ocorrer às novas ligações de dissulfeto tem de ocorrer.

As equações acima podem ser melhor entendidas na visualização das figuras 13, 14, e 15 que se seguem, os carbonos da cisteína ligado ao S. Antes do processo C-1 de uma fita (cadeia B) estava ligado ao C-2 da outra através das ligações (C1-S-S-C2) após observa-se uma reestruturação (C-1-S-SC1), Figura 13.

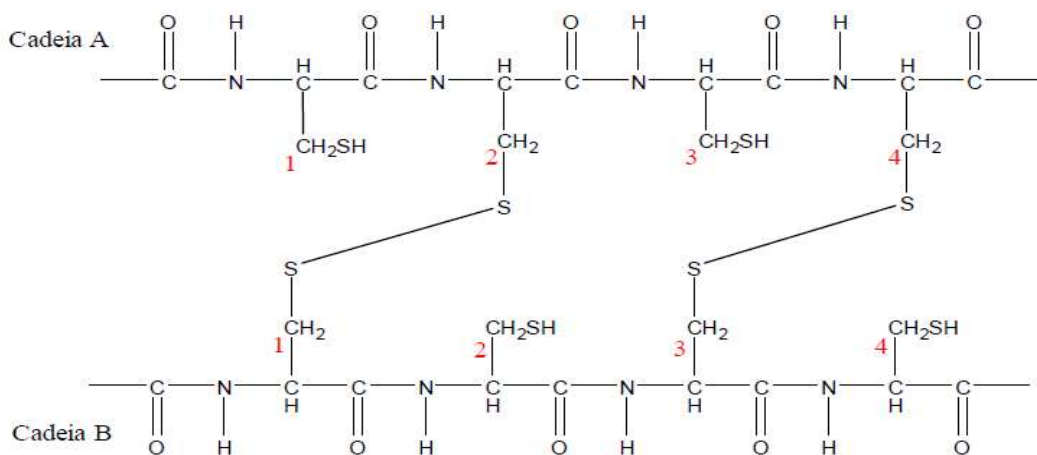


Figura 13 – Estrutura representando as ligações de dissulfeto em cabelo cacheado

Fonte: KOHLER, 2011

Os ácidos, no córtex, fornecem cargas negativas para os enxofres que compõem as pontes dissulfeto, além de liberarem o íon H^+ no meio. A carga negativa irá desestabilizar a ligação entre os enxofres e essa será quebrada. Em seguida, o H^+ liberado no cabelo irá ligar ao enxofre para estabilizá-lo. Essa primeira etapa de reação química é denominada de reação de redução. Consequentemente, os cabelos perdem resistência e desestruturam, tornando mais flexíveis e fáceis de serem manipulados.

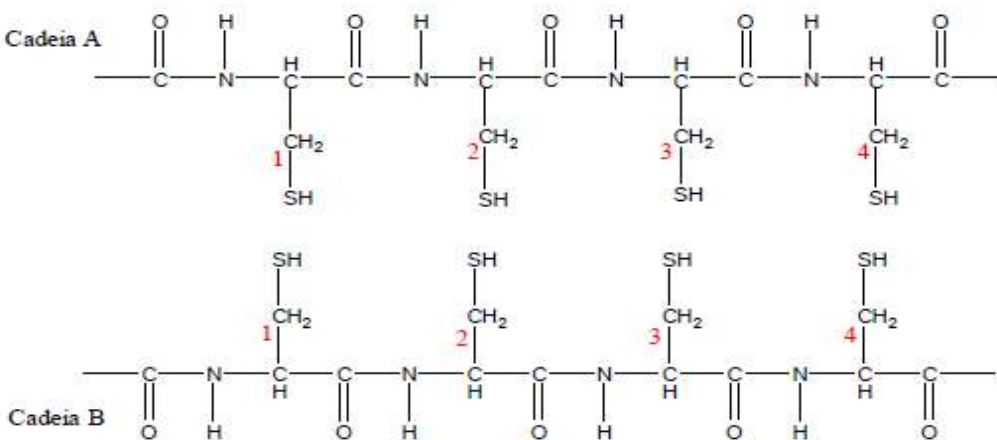


Figura 14 – Estrutura representando as ligações de dissulfeto rompidas

Fonte: KOHLER, 2011

As cadeias de queratina deslizam umas em relação às outras e as duas metades de ponte conseguem se afastar. As meias pontes não estão mais face a face e então pode-se aplicar a forma desejada. O calor induz a enzima fazer ligações cruzadas entre os grupos ácido carboxílico livres na queratina hidrolisada com os grupos amina ao longo da cutícula para criar uma rede estável que mantém a textura do cabelo numa determinada forma. Os hidrolisados de queratina enriquecem e condiciona o cabelo a otimizar ainda mais a sua integridade. Os secadores de sopro podem ser utilizados para ativar a enzima enquanto simultaneamente dar forma ao cabelo. Ação de um agente oxidante aplicado sobre o cabelo fará a regeneração das ligações de dissulfeto

Figura 15.

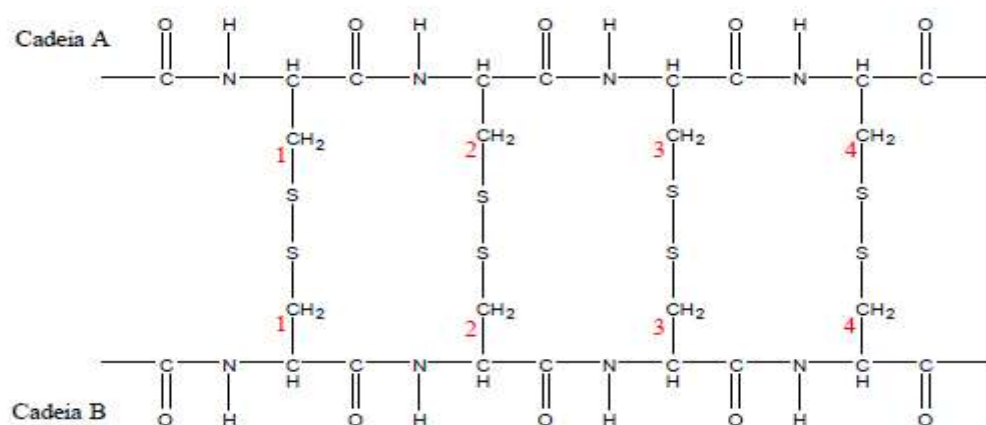


Figura 15 – Estrutura representando as ligações de dissulfeto reestruturadas após a ação do agente oxidante.

Fonte: KOHLER, 2011

Entende-se que as ligações que a enzima lacase ativa é entre a o grupo amina da queratina do cabelo e o grupo hidroxila da queratina hidrolisada, de forma que ao mesmo tempo em que é um produto de alisamento capilar é um reconstrutor da fibra capilar, pois a lacase realiza reações que podem ser utilizadas na derivatização de aminoácidos, com a utilização das reações oxidativas de lacase é possível criar ligações entre proteínas, ou seja a lacase juntamente com a queratina hidrolisada formando ligações peptídicas que iram preencher o fio de cabelo de forma que o cabelo não volte mais a ter a estrutura inicial ondulada. AC Kerazyme®, um produto capilar, que utiliza

lacase, demonstra em seus estudos que ela também ajuda a fortalecer o cabelo, protegendo-o de danos diários. A figura 16 abaixo demonstra teste feito no cabelo, primeiro o cabelo normal depois o cabelo dividido, metade da foto é somente alisamento com secador e prancha, a outra metade com AC Kerazyme, pode-se perceber que o efeito é muito melhor com o produto que tem a lacase em sua composição, e duradouro.

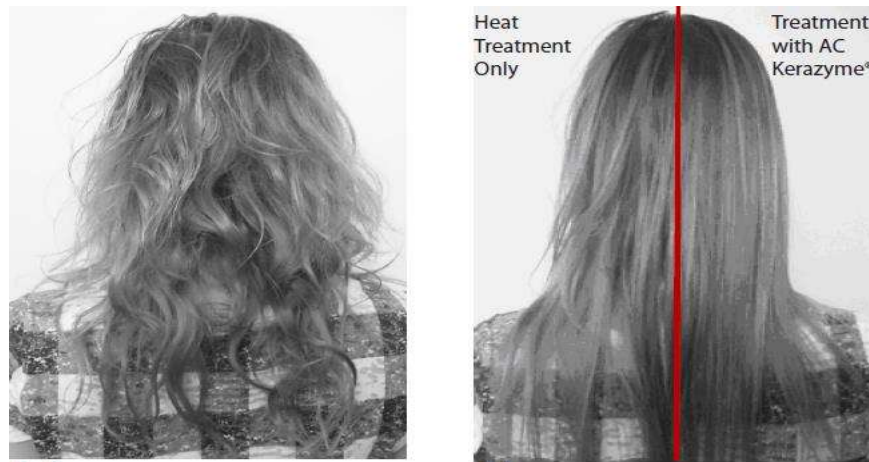


Figura 16: AC Kerazyme demonstração de produto

Fonte: Technical Data Sheet

Conforme o cabelo cresce a forma original do cabelo vai aparecendo, já que, as reações químicas originais do cabelo são mantidas desde a raiz, sendo assim o processo deve ser repetido periodicamente quando se desejar manter o efeito sobre o cabelo.

7. CONCLUSÃO

Ao longo do trabalho foi possível observar que o cabelo é uma das formas mais marcantes de expressão, desde da antiguidade até os dias atuais, por meio dele é possível descrever culturas diferentes tanto para o âmbito social quanto antropológico.

Nos últimos anos o a busca pelo cabelo perfeito, por questões de estética ou mesmo por modismo, fez com que o mercado de cosmético crescesse principalmente na área de alisamentos, o alisamento pode ser temporário tendo a utilização de prancha e secador, normalmente conhecido

como “escova” ou também permanente que possui dois grupos ativos utilizando ácidos ou hidróxidos, devido ao risco na saúde que pode ser ocasionado pelo uso desde ativos como alergias, descamação e vermelhidão do couro cabeludo, queda do cabelo, ardência e lacrimejamento dos olhos, falta de ar, tosse, dor de cabeça, ardência e coceira no nariz, devido ao contato direto com a pele ou com vapor. Vem proporcionando meio alternativos a esses ativos. O seguinte trabalho a princípio inferiu que a lacase pudesse trabalhar como agente oxidante, contudo durante o período de estudo, foi possível entender que ela atua na recomposição da fibra capilar. Apesar da escassez de literatura científica sobre o tema proposto, assim como sobre o alisamento em si, foi possível mediante a comparações no método de alisamento com ativos ácidos inferir como é o provável mecanismo de ação do produto estudo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABIHPEC – Associação Brasileira das Indústrias de Higiene, Perfumaria e Cosméticos. Anuário 2012. Disponível em: [hppt://www.abihpec.org.br](http://www.abihpec.org.br). Acesso em 20 de outubro de 2015

ALEXOPOULOS, C.L., MIMS, C.W. Introductory Micology, 3ªEd. Cap.21:429-533 (1979).

ALVES L. A, Produção, purificação e caracterização de uma lacase de *Phlebia rufa* (Pers.) M. P. Christ. 2011 p.111, Dissertação de mestrado em Biologia Clínica Laboratorial, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

ANVISA. Resolução- RDC nº 36, 17 de junho de 2009.

ANVISA. Resolução- RDC nº 79, 2000.

ANVISA. Alisamentos. Folheto explicativo 2005. Disponível em www.anvisa.org.br, acesso em:10 de outubro de 2015.

ARORA, D. S., SHARMA, R. K. Ligninolytic Fungal Laccases and Their Biotechnological Applications. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2009.

AQIA – Industria Química – Revista Cabelos - Pro.Liss® 100, disponível em: <http://www.aqia.net/Destaques/Index/6>, acessado dia 29 de novembro de 2015

AQUINO, Ruth de. Muito além do batom. A L'Oréal, o maior produtor mundial de cosméticos, sabe que as mulheres não são todas iguais. Veja online. n. 1784. 8 jan 2003. Disponível em: http://veja.abril.com.br/080103/p_082.html. Acessado em 18 outubro 2015.

38

BOUILLONC, WILKINSON J. The science of hair care, 2ª. Edição, Taylor & Francis Group, Estados Unidos, 1-76 e 201-227, 2005.

BOULDUC C, SHAPIRO J. Hair care products: waving, straightening, conditioning, and coloring, Clinics in Dermatology 19 (4): 431-436, 2001.

BYRD, Ayana (Org.); THARPS, Lori (Org.). Hair story: untangling the roots of Black hair in America. New York: St. Martin's Press, 2001.

CALL H.P., MUCKE I., (1997), History, overview and applications of mediated lignolytic systems, especially laccase-mediator-systems (Lignozyn®-process), Journal of Biotechnology, 53:162-202.

COLENCI, A.V.P. Estudo de uma formulação contendo o biopolímero quitosana sobre a fibra capilar caucasiana. Dissertação mestrado – Instituto de Química de São Carlos.p.22, 27-35, 2007.

COVINGTON, AD., EVANS CS., LILLEY, TH., SUPARNO, O. Collagen and polyphenols: new relationships and new outcomes. Part 2. Phenolic reactions for simultaneous tanning and coloring. J AmLeather Chemistry Association, v. 100, p. 336–343, 2005

CONSTANTINO, M. G.; Silva, G. V. J.; Donate, P. M. Fundamentos de Química Básica Experimental. EDUSP, São Paulo, 2004.

COSTA, M. S., MOSER, K, D., ALTERAÇÕES ESTRUTURAIS DA HASTE CAPILAR: CONCEITO, FORMA E PROCEDIMENTOS DOS PROCESSOS DE ALISAMENTO DEFINITIVO NOS CABELOS. TCC (graduação em Cosmetologia e Estética) - Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú, 2010

39

CUI, J., CHISTI, Y. Polysaccharopeptides of *Coriolus versicolor*: physiological activity, uses and production. *Biotechnology Advances* 21: 109-122 (2003).

DAWBER, Rodney; NESTE, Dominique Van. Doenças dos Cabelos e do Couro Cabeludo. Sinais Comuns de Apresentação, Diagnóstico Diferencial e Tratamento. São Paulo: Manole, 1996, p 261.

DELFINI, A. N. F., - Ativos alisantes em cosméticos - Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Farmácia-Bioquímica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2011

DEVLIN, T. Manual de Bioquímica com Correlações Clínicas. 4 ed. São Paulo: Ed. Blucher, p. 13,25, 2007.

DIAS, T.C.S.; BABY, A.R.; KANEKO, T.M.; VELASCO, M.V.R. Relaxing/straightening of Afro-ethnic hair: historical overview. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v.6, p.2-5, 2007.

DUPRES, V.; LANGEVIN, D.; GUENOUN, P.; CHECCO, A.; LUENGO, G.; LEROY, F. Wetting and electrical properties of the human hair surface. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2007, 306, 34-40.

DRAELOS Z. D., The biology of hair care, *Dermatologic Clinics* 18 (4): 651-658, 2000.

MIKOLASCH, A., SCHAUER, F. Fungal laccases as tools for the synthesis of new hybrid molecules and biomaterials. Appl. Microbiol Biotechnol, v. 82, p. 605 – 624, 2009.

Esquema geral da reação de condensação entre aminoácidos, formando a ligação peptídica, disponível em: Fonte:

<http://www.brasilecola.com/quimica/composicao-quimica-das-proteinas.htm>,
acessado dia 15 de setembro de 2015

ESTRUTURA DO FOLICULO PILOSO, Disponível em:

Fonte: <http://www.clubedocabeloecia.com.br/2012/10/conhecendo-os-cabelos-mais-fundo.html>, acessado em 8 de agosto de 2015

FRANÇA A. S., Caracterização dos cabelos submetidos ao alisamento /relaxamento e posterior tingimento, dissertação de mestrado, São Paulo 2014, 129p.

FRANQUILINO, E. Cabelos através dos tempos. Rev. de Negócios da Ind. da Beleza - Edição Temática – no11, ano 4. p. 6-16, 2009a.

FREYRE, Gilberto. Modos de homem e modas de mulher. Rio de Janeiro: Record, 1987.

GARG, S.K., MODI, D.R. Decolorization of pulp-paper mill effluents by white-rot fungi. Critical Reviews in Biotechnology 19 (2): 85-112 (1999).

GIANFREDA, L., F. XU and J. M. BOLLAG, 1999. Laccases: A useful group of oxidoreductive enzymes. Bioremed. J., 3: 1-26.

GOMES, A. L., O uso da tecnologia cosmética no trabalho do profissional cabeleireiro. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 1999.

HERNANDEZ, M.; FRESNEL, M. M.. Manual de cosmetologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Revinter, p.353, 1999

HILDÉN K., HAKALA T.K., LUNDELL T.,(2009), Thermotolerant and thermostable lacases, Biotechnol Lett, 31: 1117-1128.

ISIC - INSTITUTO SCHULMAN DE INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

41

KOHLER O. C. R., A QUÍMICA DA ESTÉTICA CAPILAR COMO TEMÁTICA NO ENSINO DE QUÍMICA E NA CAPACITAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DA BELEZA, UFSM, Santa Maria, 27 de janeiro de 2011.112p.

LAI-CHEONG J. E, McGRATH J. A., Structure and function of skin, hair and nails, Medicine 37 (5): 223-226, 2009.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Lehninger princípios de bioquímica. 4.ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202p

LEITNER, C., HESS J, GALHAUP C, LUDWIG R, NIDETZKY B, KULBE KD, Haltrich D. Purification and characterization of a laccase from the white-rot fungus Trametes multicolor. Applied Biochemistry and Biotechnology (98-100):497-507 (2002).

LEONARDI, G.R. Cosmetologia aplicada. 2 ed. São Paulo: Ed. Santa Isabel.p. 2-5, 34-45, 2008.

LEGISLAÇÃO SOBRE PRODUTOS CAPILARES, Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/cosmeticos/alisantes/escova_progressiva.htm, acessado em 13 de outubro de 2015.

LISBOA, C.P. Estudo comparativo da sorção de lipídeos em cabelos caucasiano e negroíde. Dissertação de mestrado – Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, p.1, 2007.

OLIVEIRA G. L., MANTOVANI M. S., Transformações biológicas: contribuições e perspectivas - Quim. Nova, Vol. 32, No. 3, 742-756, 2009

OLIVEIRA, G. V,- Cabelos: uma Contextualização no Ensino de Química- PIBID UNICAMP – PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INCENTIVO À DOCÊNCIA SUBPROJETO QUÍMICA – 2013

42

MADHAVI V, LELE SS. Laccase: Properties and applications. BioResources. 2009;4(4):1694–1717.

MANSUR,C. GAMONAL, A. Cabelo Normal. In: KEDE, M. P. V.; SABATOVICH, O. Dermatologia Estética. São Paulo: ed. Atheneu, 2004

MAYER, A.M.; STAPLES, R.C. Laccases: New functions for an old enzyme. Phytochemistry, vol. 60, n.6, p. 551- 565, 2002.

NAKANO, Adelino Kaoru. Comparação de danos induzidos em cabelos de três etnias por diferentes tratamentos. 2006, 63f. Dissertação (Mestrado em Química.). Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp. Campinas, 2006.

NOGUEIRA, A.C.S. Efeito da radiação ultravioleta na cor, na perda protéica e nas propriedades mecânicas do cabelo. Dissertação de mestrado – Instituto de Química da Universidade de Campinas. p.1, 2003.

PAOLA, M.V.R.V.; RIBEIRO, M.E.; BEDIN, V. BONZANINI, V.V. Cabelos étnicos: características estruturais e dos produtos cosméticos. Cosmetics & Toiletries (Ed Port) v.11, n.3, p.36-43, 1999.

PASSWATER, R. A. e CRANTON, E. M.; Trace Elements, Hair Analysis and Nutrition, Keats Publishing Inc., New Canaan, CT, USA, 1983.

PEYREFITTE, G.; MARTINI, M.C.; CHIVOT, M. Estética- Cosmética: cosmetologia, biologia geral, biologia da pele. São Paulo: Andrei. p. 24-26, 70. 1998.

PIONTEK K.; ANTORINI M.; CHOINOWSKI T. (2002) J. BIOL. CHEM.; 277, 40, 37663-37669

PORTAL DA EDUCAÇÃO - Composição do fio de cabelo, disponível em: <http://www.portaleducacao.com.br/estetica/artigos/61866/composicao-do-fio-de-cabelo>, acessado dia 17 de outubro de 2015.

43

pH DOS CABELOS, disponível em:

<http://www.resuminhobasico.com/cabelos/ph-cabelos>, acessado em 28 setembro de 2015

PRINCIPAIS CAMADAS DA FIBRA CAPILAR. Disponível em: <http://www.cookie.com.br/unhas-fortes-cabelos-saudaveis/>, acessado em 10 de agosto de 2015

QUINTÃO, P. M. A., - O QUE ELA TEM NA CABEÇA?: Um estudo sobre o cabelo como performance identitária- UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANTROPOLOGIA, Niterói - 2013

REIS, M. Completamente Química: Química Orgânica. São Paulo: FTD, 2001.

REPRESENTAÇÃO ESQUEMATICA DO CABELO, MOSTRANDO AS DIFERENÇAS RACIAIS, Disponível em:

http://201.62.79.63/ftp/Apostilas/ARTES_APOSTILAS/01_cabeleireiro/apostilas/cabeleireiro.pdf, acessado em 8 de agosto de 2015

ROBBINS, C. R.; CRAWFORD R.J. Cuticle Damage and the tensile properties of human hair. Journal of the Society of Cosmetic Chemists, v.42, p.59-60. 1991.

ROBBINS, C.R. Chemical and Physical Behavior of Human Hair. 3 ed. New York: Ed. Springer-Verlag. p. 117-124, 1994.

SCHUELLER, Randi. Iniciação a química cosmética: v.2. São Paulo: Tecnopress, 2002.

SCHULMAN M., Micro Queratina Vegetal: como tratar o cabelo de forma mais efetiva- 22 de julho 2014. Disponível em: <http://news.in-cosmetics.com/2014/07/micro-queratina-vegetal-como-tratar-o-cabelo-de-forma-mais-efetiva/>, acessado dia 27 de novembro de 2015

44

SHERROW, V. Encyclopedia of hair, a cultural history. Westport: Greenwood, 2006. 459p.

SYNNOTT, Anthony. Hair: shame and glory. In: The body social: symbolism, self and society. Oxford: Taylor & Francis e-Library, 2002, pp. 103-127.

SOLOMON, E. I., SUNDARAM, U. M. and MACHONKIN, T. E. Multicopper oxidases and oxygenases. Chemical Review 96: 2563-2605 (1996).

SWIFT J. A., Fundamentals of human hair science, 1ª. Edição, Micelle Press, 1997.

TANAKA, H., ITAKURA, S., ENOKI, A. Hydroxyl radical generation by an extracellular low-molecular-weight substance and phenol oxidase activity during wood degradation by the white-rot basidiomycete *Trametes versicolor*. Journal of Biotechnology 75(1):57-70 (1999).

TECNOPRESS - Revista Edição Temática (Revista de Negócios da Indústria da Beleza). Produtos étnicos – O mercado da Biodiversidade Racial out. no6 – ano 2. p. 19-28, 2007.

TORRES, B.B.; CARVALHO, A.; EGÍDIO, C.M.; NAKAYA, H.; SALOTTI, J.; FONTANARI, J.C.; CARDOZO, K.H.M.; SAKABE, N.J.; ASPRINO, P.F. Bioquímica da Beleza. São Paulo: IQ-USP, 2005. p.18-32. [Apostila]

THURSTON, C.F. The structure and function of fungal laccases. *Microbiology* 140:19-26 (1994).

Trametes versicolor, disponível em:

<http://www.ptfos.unios.hr/probiotech/project/probiotech-project>, acessado em 29 de outubro de 2015.

45

UYAMA, H., KOBAYASHI, S. Enzymatic synthesis of polyphenols. *Current Organic Chemistry*, v. 7, p. 1387–1397, 2003.

VARELA, A.E.M. Trabalho de Conclusão de Curso: Um estudo sobre os princípios ativos dos produtos para alisamento e relaxamento de cabelos oferecidos atualmente no mercado brasileiro. Santa Catarina, Brasil: Universidade do Vale do Itajaí, 2007.

VILLA, A.L.V.; SANTOS, J.A. PEREIRA, S.M.N.; SANTOS, E.P. Avaliação de Perda Protéica em Cabelos Étnicos pelo método Kjeldahl. *Cosmetics & Toiletries (Brasil)*. Vol. 20, jul-ago. p. 60- 63, 2008.

VOET, D.; VOET, J.; PRATT, C. Fundamentos de Bioquímica. 1ed. Porto Alegre: Ed.Artmed. p.79-83, 2002.

YAROLOV, A. I., SKOROBOGAT'KO, O. V., VARTANOY, S. S. VARFOLOMEYEV, S. D. (1994).Laccase: properties, catalytic mechanism, and applicability. *Appl Biochem Biotechnol.*, 49: 257-280.

WEITZ, Rose. Rapunzel's daughters: what women's hair tells us about women's lives. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2004.

WILKINSON, J.B.; MOORE, R.J. Cosmetologia de Harry. Madrid: Ediciones Diaz de Santos, 1990. 1062p.

ZVIAK, C.; SABBAGH, A. Permanent waving and hair straightening. In: BOUILLON, C.; WILKINSON, J. The Science of Hair Care. 2.ed. Editora CRC Press Taylor & Francis Group, 2005. cap. 6, p.217-245.