



A INFLUÊNCIA DO PH DOS PRODUTOS QUÍMICOS NA SAÚDE CAPILAR PÓS-DESCOLORAÇÃO

THE INFLUENCE OF THE PH OF CHEMICAL PRODUCTS ON HAIR HEALTH AFTER BLEACHING

LA INFLUENCIA DEL PH DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS EN LA SALUD DEL CABELLO DESPUÉS DE LA DECOLORACIÓN



<https://doi.org/10.56238/levv13n31-028>

Data de submissão: 19/06/2023

Data de publicação: 19/07/2023

Juliana Evangelista Ferraz

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar, por meio de revisão bibliográfica qualitativa, a influência do pH dos produtos químicos na saúde capilar após o processo de descoloração, considerando mecanismos de dano, estratégias de mitigação e implicações para a formulação e a prática profissional. Foram selecionados nove artigos científicos de relevância direta, publicados em periódicos revisados por pares, abordando desde a estrutura e composição da fibra capilar até os efeitos de diferentes faixas de pH sobre a cutícula, o córtex e a camada lipídica superficial. A análise evidenciou que o pH alcalino elevado, necessário para a ação dos agentes oxidantes, provoca abertura acentuada das cutículas, degradação proteica, remoção de lipídios estruturais e aumento da porosidade, potencializando o desgaste físico e químico do fio. Também foi constatado que a permanência de alcalinidade após o procedimento mantém ativa a oxidação residual, prolongando danos mesmo após o enxágue. As evidências reunidas apontam a neutralização imediata do pH como medida essencial para interromper processos degradativos, favorecer o fechamento cuticular e criar condições adequadas para tratamentos reconstrutores e nutritivos. Protocolos que incorporam a manutenção contínua do pH em faixa fisiológica demonstraram maior eficácia na preservação da integridade capilar, reduzindo a reincidência de danos e aumentando a durabilidade estética. A pesquisa contribui ao sistematizar conhecimentos que relacionam variações de pH a resultados estruturais e funcionais, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de produtos com sistemas tamponantes e para a implementação de rotinas técnicas mais eficientes. Conclui-se que o controle estratégico do pH deve ser compreendido como um componente fundamental no cuidado pós-descoloração, com aplicação imediata e sustentada para garantir melhor desempenho mecânico, proteção estrutural e manutenção da qualidade estética do cabelo.

Palavras-chave: pH. Descoloração Capilar. Danos Capilares. Recuperação Pós-química. Saúde dos Fios.

ABSTRACT

This study aimed to analyze, through a qualitative literature review, the influence of the pH of chemical products on hair health after the bleaching process, considering damage mechanisms, mitigation strategies, and implications for formulation and professional practice. Nine scientific articles of direct relevance were selected, published in peer-reviewed journals, addressing the structure and composition of the hair fiber as well as the effects of different pH ranges on the cuticle, cortex, and superficial lipid

layer. The analysis showed that high alkaline pH, necessary for the action of oxidizing agents, causes significant cuticle lifting, protein degradation, removal of structural lipids, and increased porosity, enhancing both physical and chemical wear of the fiber. It was also found that maintaining alkalinity after the procedure keeps residual oxidation active, prolonging damage even after rinsing. The evidence gathered indicates that immediate pH neutralization is essential to interrupt degradation processes, promote cuticle closure, and create suitable conditions for reconstructive and nutritive treatments. Protocols incorporating continuous maintenance of pH within the physiological range proved more effective in preserving hair integrity, reducing the recurrence of damage, and increasing aesthetic durability. This research contributes by systematizing knowledge that relates pH variations to structural and functional results, providing support for the development of products with buffering systems and for the implementation of more efficient technical routines. It is concluded that strategic pH control should be understood as a fundamental component in post-bleaching care, with immediate and sustained application to ensure better mechanical performance, structural protection, and maintenance of hair aesthetic quality.

Keywords: pH. Hair Bleaching. Hair Damage. Post-chemical Recovery. Hair Health.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo analizar, mediante una revisión bibliográfica cualitativa, la influencia del pH de los productos químicos en la salud capilar tras la decoloración, considerando los mecanismos de daño, las estrategias de mitigación y las implicaciones para la formulación y la práctica profesional. Se seleccionaron nueve artículos científicos directamente relevantes publicados en revistas con revisión por pares, que abordan desde la estructura y composición de la fibra capilar hasta los efectos de diferentes rangos de pH en la cutícula, la corteza y la capa lipídica superficial. El análisis mostró que el pH alcalino elevado, necesario para la acción de los agentes oxidantes, provoca una apertura acentuada de la cutícula, la degradación de proteínas, la eliminación de lípidos estructurales y el aumento de la porosidad, lo que favorece el desgaste físico y químico del cabello. También se observó que la persistencia de la alcalinidad tras el procedimiento mantiene activa la oxidación residual, prolongando el daño incluso después del enjuague. La evidencia obtenida apunta a la neutralización inmediata del pH como medida esencial para detener los procesos de degradación, promover el cierre cuticular y crear las condiciones adecuadas para los tratamientos reconstructivos y nutritivos. Los protocolos que incorporan el mantenimiento continuo del pH dentro de un rango fisiológico han demostrado una mayor eficacia para preservar la integridad del cabello, reducir la recurrencia del daño y aumentar la durabilidad estética. Esta investigación contribuye a sistematizar el conocimiento que vincula las variaciones de pH con resultados estructurales y funcionales, lo que respalda el desarrollo de productos con sistemas de amortiguación y la implementación de rutinas técnicas más eficientes. La conclusión es que el control estratégico del pH debe entenderse como un componente fundamental del cuidado post-decoloración, con una aplicación inmediata y sostenida para garantizar un mejor rendimiento mecánico, protección estructural y mantenimiento de la calidad estética del cabello.

Palabras clave: pH. Decoloración. Daño Capilar. Recuperación Post-químicos. Salud Capilar.

1 INTRODUÇÃO

A descoloração capilar é um procedimento químico amplamente utilizado para clarear a tonalidade natural dos fios, baseando-se na oxidação da melanina por agentes como o peróxido de hidrogênio em meio alcalino. Esse processo promove abertura das cutículas e degradação parcial da queratina, tornando a fibra mais suscetível a quebras e perda de brilho. Entre os fatores que influenciam a extensão dos danos, o pH do produto utilizado tem importância central, determinando não somente a intensidade da oxidação, mas também a capacidade da cutícula de se recuperar após o tratamento (Dyer et al., 2013).

O pH natural do cabelo humano situa-se entre 4,5 e 5,5, condição ligeiramente ácida que contribui para a estabilidade da cutícula e proteção contra agentes externos. Durante a descoloração, produtos com pH elevado, geralmente acima de 9, rompem as ligações da cutícula, expondo o córtex e facilitando a ação do persulfato e do peróxido. Essa alcalinização extrema altera a estrutura proteica, reduz a resistência mecânica e intensifica a perda hídrica, sendo essencial compreender como a variação de pH influencia a integridade da fibra após o clareamento (Malinauskyte et al., 2020).

Estudos estruturais demonstram que a exposição prolongada a soluções alcalinas resulta em modificações irreversíveis na morfologia da cutícula, evidenciadas por microscopia eletrônica e espectroscopia no infravermelho. Após a descoloração, a manutenção de um pH equilibrado pode minimizar a fragmentação proteica e a oxidação lipídica, reduzindo o aspecto áspero e poroso típico de fios danificados. Essas observações reforçam que a etapa pós-descoloração deve incluir medidas de correção e estabilização do pH para restabelecer parcialmente a função de barreira da cutícula (Grosvenor et al., 2018).

A literatura destaca que a utilização de produtos acidificantes no tratamento pós-descoloração contribui para a contração das cutículas, reduzindo a perda de massa proteica e de lipídios essenciais. Esse efeito é alcançado porque a acidificação reaproxima as escamas cuticulares, dificultando a entrada de água e de radicais oxidantes. Em contrapartida, a persistência de um pH alcalino prolongado agrava a degradação do córtex e a perda de elasticidade, evidenciando que o ajuste do pH não é apenas um detalhe cosmético, mas uma etapa funcional na preservação da saúde capilar (Velasco et al., 2023).

A relevância do pH não se limita ao uso de oxidantes, mas também aos produtos de manutenção diária, como shampoos e condicionadores. Formulações com pH próximo ao fisiológico ajudam a conservar a integridade dos fios já fragilizados pela descoloração, enquanto produtos alcalinos podem perpetuar danos, retardar a recuperação e aumentar a suscetibilidade a novas quebras. A escolha adequada de cosméticos de manutenção é, portanto, parte integrante da estratégia de reparo da fibra capilar (Dias; De Almeida, 2014).

Ensaio laboratoriais comparando cabelos descoloridos tratados com diferentes sistemas de recuperação mostram que ativos acidificantes, como o ácido cítrico, podem melhorar a coesão das

cutículas e aumentar a resistência à tração. O ajuste do pH, nesse caso, atua em conjunto com ingredientes reparadores, potencializando o efeito protetor contra danos mecânicos subsequentes. Essa abordagem combina conhecimento químico e aplicação prática, fornecendo bases científicas para o desenvolvimento de tratamentos mais eficazes.

A caracterização química da fibra após a descoloração também evidencia alterações na estrutura de queratina, detectáveis por espectroscopia FTIR. Essas mudanças, relacionadas à quebra de ligações dissulfeto e à oxidação de aminoácidos, são agravadas quando o pH permanece em faixa alcalina. O monitoramento e a correção imediata do pH após o clareamento se mostram determinantes para evitar degradação progressiva e preservar propriedades estéticas como brilho e maciez (Signori; Lewis, 1997).

Análises proteômicas revelam que a ação conjunta de oxidantes e pH elevado leva à perda seletiva de proteínas ricas em enxofre, fundamentais para a resistência do fio. Essas perdas não ocorrem de forma homogênea, mas afetam de maneira mais intensa regiões já fragilizadas, como pontas e áreas previamente processadas. A compreensão dessa dinâmica reforça a importância de intervenções personalizadas para equilibrar o pH e repor massa proteica no período subsequente à descoloração (Dyer et al., 2013).

Do ponto de vista industrial e cosmético, compreender a influência do pH na saúde capilar pós-descoloração oferece subsídios para a formulação de produtos mais seguros e eficientes. Marcas têm investido em linhas que equilibram pH, associando ativos reconstrutores e antioxidantes para mitigar danos estruturais. Esses avanços se apoiam em resultados experimentais que confirmam a eficácia da correção de pH na recuperação funcional da fibra (Velasco et al., 2023).

O presente estudo tem como objetivo analisar, a partir de evidências científicas, como o pH dos produtos utilizados influencia a saúde capilar após o processo de descoloração, identificando mecanismos de dano e estratégias de mitigação. A investigação considera desde a etapa química do clareamento até os cuidados posteriores, integrando achados laboratoriais e aplicações práticas para profissionais da área (Goshiyama et al., 2020).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ALTERAÇÕES QUÍMICAS E ESTRUTURAIS NA DESCOLORAÇÃO

A descoloração capilar consiste em um procedimento químico intensamente oxidativo que tem como objetivo a remoção da melanina presente no córtex da fibra, responsável pela coloração natural dos fios, por meio da aplicação combinada de persulfatos e peróxido de hidrogênio em formulações com pH alcalino elevado, geralmente acima de 9, condição necessária para promover a abertura das escamas cuticulares e permitir a difusão dos reagentes oxidantes até as regiões mais internas, mas que também acarreta degradação significativa das proteínas estruturais e lipídios essenciais, resultando em

perda de resistência mecânica, aumento da porosidade e alteração da superfície externa do fio, o que compromete não somente a integridade física da fibra mas também sua aparência e comportamento ao toque (Dyer et al., 2013).

A elevação do pH durante a descoloração provoca a ruptura de interações hidrofóbicas e salinas responsáveis pela coesão entre as células da cutícula e pela estabilidade da epicutícula lipídica, fazendo com que as escamas cuticulares se levantem e criem canais de maior diâmetro para a entrada dos oxidantes, que passam a interagir de forma mais rápida e profunda com o córtex, promovendo a oxidação das cadeias polipeptídicas de queratina, a formação de compostos carbonílicos e a oxidação de grupos sulfurados, alterações que modificam as propriedades ópticas do fio e reduzem sua capacidade de resistir a forças de tração e flexão, tornando-o mais quebradiço e menos maleável durante o manuseio (Malinauskyte et al., 2020).

O peróxido de hidrogênio, principal oxidante utilizado no processo, atua na degradação dos grânulos de melanina ao converter suas estruturas poliméricas em compostos incolores por meio da quebra de ligações duplas conjugadas, porém essa reação não é seletiva e atinge igualmente aminoácidos como triptofano, tirosina e metionina presentes nas proteínas do córtex, o que enfraquece a estrutura interna e compromete a capacidade de absorver e reter água, sendo essa degradação proteica mais intensa e acelerada em meio alcalino devido à maior reatividade das espécies oxidantes nessa faixa de pH, especialmente quando a concentração de peróxido é elevada e o tempo de exposição é prolongado (Grosvenor et al., 2018).

Os persulfatos, geralmente de amônio, potássio ou sódio, são adicionados às formulações de descolorantes para ampliar a capacidade oxidante do peróxido de hidrogênio por meio da geração de radicais livres altamente reativos, como o radical sulfato, que intensificam a degradação da melanina e das proteínas do córtex, sendo que essa sinergia entre oxidantes, potencializada pelo pH alcalino, provoca um dano cumulativo à fibra que se traduz em perda de elasticidade, diminuição da resistência à tração e aumento da opacidade, efeitos que se tornam mais evidentes após múltiplos ciclos de descoloração, quando a capacidade de regeneração da fibra é severamente reduzida (Velasco et al., 2023).

A oxidação de aminoácidos sulfurados, principalmente a cisteína, é um dos principais mecanismos de dano estrutural durante a descoloração, pois leva à clivagem das ligações dissulfeto responsáveis por manter a arquitetura tridimensional da queratina, e essa quebra, facilitada em meio alcalino pela maior ionização dos grupos tiol, resulta em alterações irreversíveis na rede proteica, que passa a apresentar menor cristalinidade e maior presença de estruturas desorganizadas, o que compromete a resistência mecânica do fio e aumenta sua tendência a deformar permanentemente sob ação de calor ou força física, prejudicando a durabilidade de penteados e a estabilidade do formato natural (Signori; Lewis, 1997).

2.2 INFLUÊNCIA DO PH NOS DANOS PÓS-DESCOLORAÇÃO

O pH é um fator determinante na extensão e natureza dos danos que a fibra capilar sofre após a descoloração, pois regula diretamente a abertura das cutículas e a reatividade dos agentes oxidantes utilizados, de forma que valores elevados, superiores a 9, embora necessários para permitir a penetração rápida do peróxido e dos persulfatos no córtex, também intensificam a degradação de proteínas e lipídios, elevam a porosidade e dificultam a posterior recuperação estrutural do fio, criando um quadro de fragilidade crônica que se agrava a cada nova exposição a produtos alcalinos (Malinauskyte et al., 2020).

O ambiente alcalino da descoloração altera o equilíbrio de cargas na superfície da fibra, favorecendo a ionização de grupos ácidos das proteínas e provocando repulsão eletrostática entre as cadeias, o que afasta as escamas cuticulares e cria microcanais que facilitam não somente a entrada dos oxidantes, mas também a perda acelerada de proteínas e lipídios estruturais, sendo que essa perda é particularmente prejudicial no período pós-procedimento, quando a fibra se encontra mais vulnerável a agressões mecânicas e ambientais (Dias; De Almeida, 2014).

A permanência do pH elevado após o enxágue é um dos principais fatores que perpetuam o dano, pois a cutícula não retorna imediatamente à sua posição compacta, e a epicutícula lipídica permanece comprometida, resultando em contínua absorção e liberação de água, fenômeno conhecido como “respiração hídrica aumentada”, que acelera o desgaste físico e químico do fio no cotidiano, mesmo na ausência de novos tratamentos agressivos (Velasco et al., 2023).

A alcalinidade pós-descoloração também favorece reações oxidativas residuais, já que radicais livres e peróxido remanescentes podem continuar degradando aminoácidos e lipídios mesmo após a interrupção do processo, e esse ataque oxidativo prolongado é mais intenso quando não há neutralização imediata do pH com produtos acidificantes, o que reforça a importância de protocolos pós-descoloração que priorizem a acidificação controlada da fibra (Grosvenor et al., 2018).

O pH ácido, por outro lado, promove a contração das escamas cuticulares e a reaproximação das camadas externas, reduzindo a porosidade e limitando a difusão de moléculas externas para o córtex, e essa ação de “fechamento” contribui para a retenção de lipídios e proteínas, o que diminui o ressecamento e a perda de elasticidade, sendo essa abordagem amplamente estudada em formulações pós-descoloração voltadas à recuperação da integridade do fio.

Estudos comparativos demonstram que a utilização de produtos com pH próximo ao fisiológico, entre 4,5 e 5,5, no período imediatamente posterior à descoloração, reduz significativamente a perda proteica medida na água de enxágue e melhora a resistência à tração do fio, evidenciando que a simples correção do pH é capaz de gerar benefícios estruturais mensuráveis, independentemente da presença de ativos reconstrutores adicionais (Malinauskyte et al., 2020).

O impacto do pH pós-descoloração também se reflete na percepção sensorial do cabelo, pois fios mantidos em pH equilibrado apresentam menor fricção interclicular, resultando em maior maciez e melhor penteabilidade, enquanto fios expostos a pH alcalino prolongado desenvolvem superfície áspera e elevada resistência ao deslizamento, condições que aumentam o risco de quebra durante a escovação e o uso de ferramentas térmicas (Dias; De Almeida, 2014).

A modulação do pH no período pós-descoloração ainda influencia a capacidade de retenção de cor em processos subsequentes de tonalização, já que pH mais baixo favorece o depósito uniforme de pigmentos e a fixação desses corantes na matriz proteica, enquanto pH elevado mantém a cutícula aberta e instável, dificultando a ancoragem dos corantes e reduzindo a durabilidade da cor artificial (Velasco et al., 2023).

Além dos benefícios imediatos, a correção do pH pós-descoloração reduz o acúmulo de danos a longo prazo, pois impede que o fio permaneça em estado de hiper-hidratação e porosidade excessiva, condições que aumentam a taxa de fadiga hídrica e o desgaste progressivo das proteínas estruturais, garantindo melhor preservação das propriedades mecânicas e estéticas do cabelo (Grosvenor et al., 2018).

Dessa forma, o pH não atua apenas como um parâmetro químico durante a descoloração, mas como um determinante central da saúde capilar no período posterior ao procedimento, sendo sua modulação estratégica essencial para minimizar os danos acumulados, prolongar a vida útil da fibra e garantir que tratamentos reconstrutores e condicionantes apresentem máxima eficácia na recuperação do cabelo fragilizado.

2.3 ESTRATÉGIAS DE RECUPERAÇÃO BASEADAS NO PH

As estratégias de recuperação capilar pós-descoloração baseadas no pH têm como objetivo restaurar a integridade da fibra e minimizar a degradação contínua causada pelo ambiente alcalino residual, sendo a primeira medida recomendada a neutralização imediata após o procedimento, que envolve a aplicação de formulações acidificantes com pH controlado entre 3,5 e 5,5, capazes de promover a contração das escamas cuticulares, restabelecer a coesão da epicutícula lipídica e reduzir a porosidade, criando uma barreira protetora contra novas perdas de proteínas e lipídios essenciais (Malinauskyte et al., 2020).

Produtos contendo ácidos orgânicos, como ácido cítrico, ácido láctico e ácido tartárico, são amplamente utilizados na etapa de acidificação pós-descoloração devido à sua capacidade de doar prótons e reduzir o pH da superfície capilar de forma gradual, evitando choques químicos abruptos e preservando a estabilidade da fibra, sendo que esses compostos também podem formar interações eletrostáticas e ligações de hidrogênio com a queratina, reforçando temporariamente a estrutura proteica e aumentando a resistência mecânica do fio (Velasco et al., 2023).

A utilização de condicionadores e máscaras reconstrutoras formulados com pH levemente ácido potencializa a deposição de ativos reparadores, como proteínas hidrolisadas e aminoácidos livres, pois a cutícula compactada pelo pH equilibrado mantém esses compostos na superfície por mais tempo, permitindo interações mais efetivas com a matriz proteica e prolongando a sensação de maciez e a redução da fricção intercuticular observada após o tratamento (Dias; De Almeida, 2014).

O emprego de tratamentos à base de proteínas catiônicas em pH controlado favorece a adsorção desses polipeptídeos na superfície do fio, já que a carga positiva das proteínas interage fortemente com os grupos ácidos negativamente carregados da queratina em condições levemente ácidas, criando uma camada protetora que reduz a perda de massa e melhora a resistência à tração, especialmente em cabelos submetidos a múltiplos ciclos de descoloração.

Estudos comparativos evidenciam que a aplicação de produtos acidificantes combinados com antioxidantes, como vitamina E, ácido ascórbico e polifenóis vegetais, potencializa a recuperação da fibra pós-descoloração, pois o pH baixo reduz a permeabilidade cuticular, enquanto os antioxidantes neutralizam radicais livres remanescentes do processo oxidativo, prevenindo a degradação proteica residual e aumentando a durabilidade dos efeitos reconstrutores (Grosvenor et al., 2018).

A técnica de tratamento intercalado, que consiste em alternar aplicações de produtos acidificantes com reconstruções proteicas e nutrições lipídicas, é eficaz para cabelos descoloridos porque atua simultaneamente no selamento cuticular, na reposição de massa proteica e na restauração da barreira lipídica, sendo que a manutenção de um pH levemente ácido em todas as etapas garante que os resultados obtidos não sejam revertidos pela reabertura das cutículas durante a rotina de cuidados (Velasco et al., 2023).

A escolha de shampoos com pH próximo ao fisiológico é fundamental para preservar os benefícios obtidos com a acidificação inicial, pois produtos de limpeza com pH alcalino podem comprometer a coesão cuticular e aumentar a perda de lipídios, revertendo parcialmente os ganhos estruturais alcançados nos tratamentos reconstrutores e tornando a fibra novamente vulnerável a danos mecânicos e térmicos (Dias; De Almeida, 2014).

Protocolos de recuperação que mantêm a fibra em pH equilibrado também apresentam impacto positivo na fixação e durabilidade de pigmentos aplicados em tonalizações subsequentes, uma vez que a cutícula compactada dificulta a perda de cor por lavagem e abrasão, e esse efeito é particularmente valorizado em cabelos descoloridos, que possuem maior tendência ao desbotamento rápido devido à porosidade elevada (Velasco et al., 2023).

A longo prazo, a manutenção do pH ideal contribui para a redução do fenômeno de fadiga hídrica, no qual o cabelo sofre microfraturas internas decorrentes de ciclos repetidos de absorção e perda de água, e essa preservação estrutural retarda a necessidade de cortes corretivos e tratamentos

mais agressivos, prolongando a vida útil cosmética da fibra e garantindo melhor aproveitamento de procedimentos de coloração e modelagem (Grosvenor et al., 2018).

Assim, as estratégias de recuperação capilar baseadas no pH não se limitam à etapa imediata pós-descoloração, mas devem ser incorporadas de forma contínua na rotina de cuidados, pois a estabilidade química e física da fibra depende de um ambiente ácido controlado que favoreça a compactação cuticular, a retenção de ativos reparadores e a proteção contra agentes mecânicos, térmicos e ambientais, garantindo que a saúde e a estética do cabelo sejam preservadas por mais tempo.

3 METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica qualitativa, de caráter exploratório e analítico, visando compreender os efeitos do pH dos produtos químicos na saúde capilar após processos de descoloração. A escolha por este método se justifica pela necessidade de integrar conhecimentos provenientes de diferentes fontes científicas, permitindo uma visão abrangente e crítica sobre o tema, sem a realização de experimentos laboratoriais diretos.

A busca das referências foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e ScienceDirect, utilizando descritores e palavras-chave em português e inglês, como “pH”, “hair bleaching”, “hair damage”, “acidifying agents” e “post-bleaching hair care”. Foram aplicados operadores booleanos para combinar termos e refinar os resultados, assegurando a inclusão de estudos relevantes e com abordagem metodológica clara.

Foram estabelecidos critérios de inclusão para selecionar apenas artigos publicados em periódicos revisados por pares, que abordassem de forma direta a relação entre pH e saúde capilar, com foco específico no período pós-descoloração. Apenas estudos que apresentassem dados experimentais, revisões sistemáticas ou revisões narrativas com detalhamento metodológico foram considerados elegíveis para compor o corpus de análise.

Os critérios de exclusão eliminaram pesquisas relacionadas exclusivamente a outros tipos de procedimentos químicos, como alisamentos e permanentes, sem relação com descoloração. Também foram descartados trabalhos que não informavam a faixa de pH estudada ou que não descreviam claramente os métodos de análise utilizados. Textos opinativos, comerciais e sem revisão por pares também foram excluídos.

Após a aplicação dos filtros, foi obtido um conjunto inicial de 42 artigos. Esse número foi posteriormente reduzido para 12 referências finais, com base na relevância, qualidade metodológica e aderência ao tema. Dessas, nove foram selecionadas como principais para sustentar a análise e discussão, por apresentarem dados diretos e consistentes sobre a influência do pH na fibra capilar pós-descoloração.

A leitura dos artigos foi realizada na íntegra, extraindo-se informações sobre a estrutura e composição da fibra capilar, os mecanismos de dano induzidos pelo pH, as alterações químicas decorrentes da descoloração e as estratégias de recuperação documentadas na literatura. Esse processo permitiu a construção de uma base de dados organizada e direcionada aos objetivos da pesquisa.

Foi utilizada a técnica de análise de conteúdo para interpretar os dados, agrupando evidências semelhantes, confrontando conclusões divergentes e estabelecendo conexões entre achados experimentais e implicações práticas para a área cosmética. Esse método contribuiu para a construção de um quadro interpretativo consistente sobre o tema estudado.

O processo de análise priorizou a triangulação das informações, de modo a validar conclusões por meio da comparação entre estudos conduzidos em diferentes contextos experimentais e geográficos. Essa abordagem reduziu a possibilidade de vieses e aumentou a robustez das interpretações apresentadas.

Ao final, todas as informações foram integradas de forma a fornecer um panorama claro e fundamentado sobre a influência do pH na saúde capilar após a descoloração, servindo como referência tanto para pesquisadores quanto para profissionais da área estética interessados em práticas baseadas em evidências e formulações mais seguras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evidenciou-se na análise dos estudos que durante e após a descoloração tem influência direta sobre a integridade estrutural da fibra capilar, sendo o valor elevado necessário para a abertura cuticular e penetração dos agentes oxidantes, mas ao mesmo tempo responsável por promover aumento da porosidade e remoção de parte da epicutícula lipídica, o que deixa o córtex mais vulnerável a degradação oxidativa mesmo após o término do procedimento (Malinauskyte et al., 2020).

Verificou-se que a alcalinidade elevada acelera a oxidação de aminoácidos como cisteína, metionina e triptofano, ocasionando a clivagem das ligações dissulfeto e a desorganização da estrutura helicoidal da queratina, com consequente redução da resistência mecânica e das propriedades elásticas do fio, efeitos que se intensificam de acordo com o tempo de exposição e a concentração dos oxidantes utilizados (Dyer et al., 2013).

Os estudos também indicaram que a perda de lipídios estruturais, como o 18-metileicosanoato, compromete a barreira hidrofóbica natural da fibra, aumentando a afinidade por água e favorecendo o fenômeno de fadiga hídrica, no qual ciclos repetidos de absorção e liberação de água geram microfraturas internas, fragilizando ainda mais o cabelo e reduzindo sua durabilidade cosmética (Grosvenor et al., 2018).

As análises por microscopia eletrônica confirmaram padrões de danos como erosão cuticular, levantamento irregular de escamas e exposição parcial do córtex, sendo que essas alterações foram

mais acentuadas em amostras mantidas em pH alcalino por mais tempo, o que evidencia a importância da neutralização imediata após a descoloração para limitar a degradação subsequente (Velasco et al., 2023).

Outro ponto observado foi a ocorrência de oxidação residual causada por radicais livres e peróxido remanescentes, que continuam degradando proteínas e lipídios por horas após a finalização do processo, situação agravada quando não há aplicação de tratamentos acidificantes que interrompam as reações químicas em andamento, o que reforça a importância de protocolos pós-procedimento eficientes (Grosvenor et al., 2018).

A aplicação imediata de tratamentos acidificantes demonstrou eficácia na contração das escamas cuticulares e na restauração parcial da epicutícula lipídica, sendo que produtos formulados com pH entre 4,5 e 5,5 reduziram de maneira significativa a perda proteica e aumentaram a resistência à tração, mesmo na ausência de ativos reconstrutores adicionais, o que sugere que o pH equilibrado é um fator protetor por si só.

Comparações entre protocolos com e sem neutralização pós-descoloração mostraram que a acidificação imediata proporciona superfície cuticular mais uniforme, menor aspereza ao toque e maior retenção de pigmentos em tonalizações posteriores, reforçando que o controle de pH é determinante para a manutenção das propriedades cosméticas do fio (Malinauskyte et al., 2020).

A presença de ácidos orgânicos como o ácido cítrico e o ácido láctico nas formulações pós-descoloração foi recorrente nos estudos, sendo relatado que esses compostos, além de reduzir o pH, interagem com a matriz proteica formando ligações temporárias que fortalecem a fibra e aumentam sua resistência mecânica, o que contribui para resultados mais duradouros (Dyer et al., 2013).

Foi constatado que a manutenção de um pH equilibrado nos cuidados diários, por meio do uso de shampoos e condicionadores adequados, prolonga os efeitos obtidos na acidificação inicial e evita a reabertura cuticular, enquanto a utilização de produtos alcalinos, mesmo em concentrações mais baixas, gradualmente reverte os benefícios e aumenta a fragilidade do fio (Dias; De Almeida, 2014).

Estudos também mostraram que a associação de antioxidantes, como vitamina E e polifenóis vegetais, aos produtos acidificantes potencializa a preservação da fibra, pois além do fechamento cuticular, há neutralização dos radicais livres residuais, prevenindo a degradação proteica contínua e melhorando a durabilidade do efeito reconstrutor (Grosvenor et al., 2018).

O controle do pH pós-descoloração influenciou positivamente a resposta do cabelo a tratamentos subsequentes, com fios mantidos em pH fisiológico entre 4,5 e 5,5 apresentando melhor retenção de pigmentos, menor desgaste em modelagens térmicas e maior resistência mecânica, demonstrando que a estabilização do pH prolonga a vida útil da fibra (Velasco et al., 2023).

A personalização dos protocolos de recuperação de acordo com o histórico químico do cabelo também foi apontada como necessária, uma vez que fios com múltiplos processos anteriores

demandam ajustes mais rápidos e intensos do pH, combinados a reposição lipídica e proteica, enquanto cabelos menos processados podem responder adequadamente a acidificações moderadas (Velasco et al., 2023).

Na perspectiva da formulação cosmética, os resultados indicam que produtos voltados para cabelos descoloridos devem incluir sistemas tamponantes capazes de manter o pH dentro da faixa fisiológica por períodos prolongados, reduzindo a necessidade de reaplicações frequentes e oferecendo proteção contínua, especialmente para consumidores que mantêm rotinas simplificadas de cuidados (Velasco et al., 2023).

Os dados reunidos confirmam que o pH é um fator central e modulável na prevenção e no tratamento dos danos pós-descoloração, podendo atuar como mecanismo primário de proteção e potencializador da eficácia de tratamentos reconstituintes, desde que controlado de forma adequada e associado a ativos que complementem sua ação (Malinauskyte et al., 2020).

As evidências indicam que tanto profissionais quanto consumidores devem compreender o pH como um parâmetro ativo de manutenção da saúde capilar, e não somente como informação de rótulo, pois a aplicação consistente de protocolos baseados no ajuste de pH, aliados a ingredientes reconstituintes e antioxidantes, representa uma estratégia efetiva para preservar e recuperar cabelos submetidos à descoloração (Velasco et al., 2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A síntese crítica realizada evidencia que o pH funciona como variável central no pós-descoloração, pois condiciona a estabilidade da queratina, a preservação da barreira lipídica e a organização cuticular, o controle adequado desse parâmetro reduz a progressão de danos oxidativos residuais, melhora a resistência à tração e sustenta o desempenho estético do fio, emerge daí um quadro em que o manejo do pH deixa de ser detalhe operacional e passa a constituir eixo de decisão técnica que orienta o momento de intervir, o tipo de produto a utilizar e o ritmo de manutenção necessário para que o cabelo se mantenha íntegro diante de desafios mecânicos, térmicos e ambientais.

A análise integrada mostra que a permanência de alcalinidade após o clareamento amplia a porosidade, acelera a perda de proteínas solúveis e lipídios estruturais e mantém ativa a degradação iniciada durante o procedimento, a resposta eficaz concentra-se na neutralização imediata e precisa, com retorno rápido à faixa fisiológica, pois essa manobra interrompe cadeias reacionais e cria condições para que tratamentos reconstituintes atuem sobre uma matriz menos instável, o que se traduz em menor quebra, melhor penteabilidade e maior previsibilidade de resultados em sessões subsequentes.

Consolidou-se também a evidência de que a manutenção cotidiana do pH dentro de limites fisiológicos é determinante para sustentar efeitos obtidos no salão, shampoos, condicionadores e

máscaras em pH controlado preservam a compactação cuticular, mitigam a fadiga hídrica associada a ciclos de umedecimento e secagem e reduzem a rugosidade superficial percebida, esse cuidado contínuo limita a recaída para estados de hiperporosidade e diminui a necessidade de correções agressivas, favorecendo rotinas realistas que o consumidor consegue manter sem perda de eficácia ao longo das semanas.

Os dados apontam que intervenções acidificantes no imediato pós-serviço constituem o ponto de ancoragem do protocolo, pois contraem escamas, recuperam parcialmente a hidrofobicidade e melhoram a coesão interfacial entre cutícula e córtex, quando combinadas com reconstruções proteicas e nutrições lipídicas em sequência planejada, tais intervenções aumentam a tolerância do fio ao estresse térmico e mecânico e elevam o limiar de dano cumulativo, gerando ganhos mensuráveis em resistência, elasticidade e brilho sob condições reais de uso doméstico e profissional.

No plano prático, a tomada de decisão técnica deve considerar histórico químico, densidade, diâmetro, grau de dano e metas estéticas, com isso torna-se possível graduar a intensidade do ajuste de pH, escalonar tempos de contato e determinar intervalos seguros entre sessões, recomenda-se ainda monitorar indicadores operacionais como força de pentear, retenção de massa proteica no enxágue e resposta ao calor, pois tais métricas traduzem a qualidade estrutural em parâmetros úteis para conduzir escolhas de produto e de técnica ao longo do tratamento.

Este trabalho oferece contribuição acadêmica ao organizar um arcabouço que relaciona janelas de pH a achados de microscopia, espectroscopia e ensaios mecânicos, ao propor que pesquisas reportem de maneira padronizada pH exato de formulações, tempo de exposição, concentração de oxidantes e condições de temperatura, cria-se base comparável para metanálises futuras, o que favorece a evolução cumulativa do conhecimento e diminui ambiguidades interpretativas que hoje dificultam a transposição de resultados laboratoriais para a prática cotidiana em salões e domicílios.

Abrem-se frentes de investigação sobre cinética de neutralização e sobre a capacidade tampão de diferentes ácidos orgânicos em matrizes cosméticas, estudos controlados podem mapear a relação entre concentração, tempo e restabelecimento da coesão cuticular, interessa também quantificar a interação do ajuste de pH com antioxidantes e agentes reconstrutores, medindo resultados por métricas padronizadas de tração, fadiga por umidade, microscopia de superfície e retenção de cor em condições simuladas de uso repetido.

Do ponto de vista do desenvolvimento de produtos, ganha relevância a criação de sistemas tampão estáveis que mantenham o pH em faixa protetora por períodos prolongados sem desconforto tátil, estratégias como liberação lenta de ácidos fracos, sinergia com polímeros catiônicos e deposição seletiva sob cutícula compactada mostram potencial para unir proteção, sensorial agradável e desempenho, com atenção a segurança de couro cabeludo e compatibilidade com ferramentas térmicas comuns no dia a dia do usuário.

A dimensão educativa merece ênfase, uma vez que medir e registrar pH nos fluxos de trabalho do salão e na rotina domiciliar eleva a qualidade da decisão, torna-se pertinente incluir faixas de pH de aplicação e de enxágue em rótulos e materiais técnicos, treinar profissionais para interpretar sinais precoces de instabilidade estrutural e oferecer guias simples ao consumidor fortalece a cultura de prevenção, reduz retrabalho e contribui para resultados consistentes ao longo de ciclos de clareamento e tonalização.

Em síntese, controlar e manter o pH como variável operacional transforma a recuperação pós-descoloração em prática baseada em evidências, a implementação coordenada de neutralização imediata, manutenção fisiológica contínua e combinações racionais com antioxidantes e agentes reparadores resulta em fibras mais estáveis e previsíveis, esse caminho amplia a durabilidade estética, diminui a incidência de danos acumulados e estabelece um padrão de cuidado que beneficia profissionais, consumidores e a inovação cosmética em busca de soluções eficazes e seguras.



REFERÊNCIAS

- DIAS, M. F. R. G.; DE ALMEIDA, A. M. The shampoo pH can affect the hair: myth or reality? *International Journal of Trichology*, v. 6, n. 3, p. 95–99, 2014. DOI: 10.4103/0974-7753.139078. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4158629/>.
- DYER, J. M.; BELL, F.; KOEHN, H.; VERNON, J. A.; CORNELLISON, C. D.; CLERENS, S.; HARLAND, D. P. Redox proteomic evaluation of bleaching and alkali damage in human hair. *International Journal of Cosmetic Science*, v. 35, n. 6, p. 555–561, 2013. DOI: 10.1111/ics.12076. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23802755/>.
- GROSVENOR, A. J.; DEB-CHOUDHURY, S.; MIDDLEWOOD, P. G.; THOMAS, A.; LEE, E.; VERNON, J. A.; et al. The physical and chemical disruption of human hair after bleaching – studies by transmission electron microscopy and redox proteomics. *International Journal of Cosmetic Science*, v. 40, n. 6, p. 536–548, 2018. DOI: 10.1111/ics.12495. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30229956/>.
- GOSHIYAMA, A. M.; SÁ-DIAS, T. C.; FILETO, M. B.; VELESCO, M. V. R.; BABY, A. R.; et al. Impact of acidic hair straightener's pH value on hair damage. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 2020. DOI: 10.1111/jocd.13422. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32725861/>.
- MALINAUSKYTE, E.; CORNWELL, P. A.; REAY, L.; SHAW, N.; PETKOV, J. Effect of equilibrium pH on the structure and properties of bleach-damaged human hair fibers. *Biopolymers*, v. 111, n. 11, e23401, 2020. DOI: 10.1002/bip.23401. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bip.23401>.
- SIGNORI, V.; LEWIS, D. M. FTIR investigation of the damage produced on human hair by weathering and bleaching processes: implementation of different sampling techniques and data processing. *International Journal of Cosmetic Science*, v. 19, p. 1–13, 1997. DOI: 10.1111/j.1467-2494.1997.tb00161.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-2494.1997.tb00161.x>.
- VELASCO, M. V. R.; SÁ-DIAS, T. C.; DARIO, M. F.; PINTO, C. A. S. O.; BABY, A. R. Impact of Acid (“Progressive Brush”) and Alkaline Straightening on the Hair Fiber: Differential Effects on the Cuticle and Cortex Properties. *International Journal of Trichology*, v. 14, n. 6, p. 197–203, 2023. DOI: 10.4103/ijt.ijt_158_20. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10075350/>.