

Capítulo 1

TEIA DE ARANHA

Arthur Marques Correia

Arthur Marques da Silva

Caroliny de Castro Emmanuel

Gabriel Pinheiro Kaczmarkiewicz

Luiz Claudio Gomes da Silva e Silva

Pedro Brito dos Santos

Profa. Dra. Ana Paula Duarte Moreira

Graduada em Química Industrial pela Universidade Federal Fluminense (2002), mestrado em Ciências com ênfase em Química Inorgânica pela UFRJ (2006) e doutorado em Ciências com ênfase em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ (2014). Atualmente é técnica/pesquisadora do Laboratório Multiusuário de Caracterização de Materiais do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da COPPE/UFRJ, sendo responsável pelas análises de FTIR, FTIR/microscópio, Tamanho de Partículas e Área BET. Tem como linha de pesquisa a área de Biomateriais, atua, principalmente, no desenvolvimento e caracterização de biomateriais, cerâmicos e compósitos, à base de fosfatos de cálcio aplicados na engenharia óssea. E-mail: anapauladm@metalmat.ufrj.br Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3095636219911661>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2877-457X>

Prof. Msc. Celso Luis Soares dos Santos Sobrinho

Mestre em Ensino de Ciências pela Universidade do Grande Rio (Unigranrio). Professor licenciado em Química pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Graduado em Engenharia Química pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Atualmente, professor de Química, no Colégio Brigadeiro Newton Braga (CBNB) e Coordenador do Projeto Historiando a Ciência, no CBNB. E-mail: prof-celsosantos@gmail.com. Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9447855172449108>. ORCID: <https://orcid.org/000-001-8959-1713>.



RESUMO

O trabalho realizado teve como objetivo a reconstrução artificial da teia de aranha. Devido a diversos fatores, tanto de tempo como de viabilidade de recursos, não foi possível atingir o objetivo inicial, mas os alunos puderam evoluir nas pesquisas e chegar a parte do produto final: a extração de um componente dessa teia, a glicina. A extração desse componente é crucial, pois ela forma a proteína fibroína, essencial na formação da teia. A glicina desempenha um papel central na produção das fibras que conferem à teia de aranha sua notável resistência e flexibilidade. Portanto, sua extração eficiente é de extrema importância para o progresso nesse campo de pesquisa. Espera-se que com mais recursos e tempo, seja possível a efetivação total da pesquisa e, também, a obtenção de outros produtos.

PALAVRAS-CHAVE: Aranha; Extração; Glicina; Teia.

INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre a teia de aranha se revelou significativamente mais intrigante do que prevíamos. No âmbito do Colégio Brigadeiro Newton Braga (CBNB), nossa equipe se engajou no desafio de desvendar os enigmas por trás dessa complexa criação natural.

Inicialmente, nossa ideia era criar a teia a partir de materiais predominantemente orgânicos. Mas, à medida que mergulhávamos nas profundezas desse universo aracnídeo, percebemos que o verdadeiro segredo estava na glicina, o principal componente da teia. Com a determinação de explorar esse aminoácido, delineamos um caminho para extrair a glicina a partir da clara do ovo.

Não foi uma jornada sem obstáculos. Ao levar nossa pesquisa à prática, tivemos um revés, uma falha, um daqueles momentos que são quase como um convite a repensar e evoluir. Identificamos a desnaturação da proteína como uma possível causa do insucesso do experimento. Resignificamos e, refazendo os passos, obtivemos êxito.

A obtenção do produto final foi uma etapa empolgante, porém, logo nos deparamos com um novo desafio: comparar o que tínhamos com a glicina comercial. Felizmente, após algumas análises, pudemos observar que a substância extraída e a glicina comercial apresentavam similaridades. Mas, uma única experiência não seria suficiente para constatar essa semelhança. Para maior precisão e confirmação dos resultados, sabíamos que era necessário replicar o experimento. No entanto, fatores logísticos, como o acesso ao laboratório da UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro), nos têm impedido de prosseguir.

A teia de aranha é um verdadeiro feito da natureza. Ela é mais do que apenas um emaranhado; é um conjunto de fios extremamente resistentes e elásticos, capazes de capturar a imaginação. E nós, do Colégio Brigadeiro Newton Braga, nos lançamos a desvendar as possibilidades desse intrincado emaranhado em nosso laboratório.

Ao explorar as nuances do experimento e entender a composição do ovo para extrair a glicina, deparamo-nos com desafios e descobertas fascinantes. Foram necessárias horas de estudo, pesquisa e, claro, várias tentativas, até alcançarmos um resultado favorável. Obter a glicina a partir da clara do ovo, além de uma conquista científica, foi um marco de perseverança e determinação. Com o suporte dos professores e o acesso aos recursos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o experimento foi reproduzido e obtivemos um resultado promissor, que se assemelhava notavelmente à glicina comercial, visto que usando um Espectrômetro de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), o gráfico gerado se apresentou muito semelhante ao da glicina comercial.

Mas, a precisão científica exige replicação, um passo que se tornou um desafio. A logística de transporte e a busca por um laboratório adequado para a realização do experimento foram os principais fatores que dificultaram, já que não possuíamos o acesso às ferramentas e ao espaço necessário para fazer nosso experimento, e dar continuidade ao processo. Porém, o conhecimento que adquirimos até agora nos impulsiona a querer ir além. Estamos ávidos por desvendar mais desse mistério da natureza e suas potenciais aplicações.

Deixamos claro que a teia de aranha, além de sua beleza e complexidade natural, detém propriedades que vão além da mera questão estética. Esse material orgânico carrega consigo uma série de atributos que poderiam ser imensamente benéficos para diversas áreas científicas e tecnológicas. De acordo com cientistas do Instituto de Física de Rennes, na França, a seda da teia de aranha é incrivelmente resistente, superando o aço em resistência, sendo mais fina que fios de cabelo e mais resistente que o kevlar, um material utilizado em produtos à prova de bala. Além disso, ela é biodegradável e possui uma boa capacidade de condução de luz. Com tamanhas características, essa armação de fios de seda tem vantagens para as mais diversas áreas de estudo (Nobre, 2021).

A nossa intenção, apesar dos desafios, é continuar a pesquisa explorando essas características, pois acreditamos que a teia de aranha possui um grande potencial, ainda não estudado em muitos campos. Essa potencialidade se estende da medicina à produção de cosméticos, com propriedades e capacidades cicatrizantes, alta elasticidade, podendo auxiliar em procedimentos dermatológicos e assumir diferentes papéis em aplicações cirúrgicas. No ramo de cosméticos, aumenta o

brilho e suavidade dos produtos e outras aplicações. Há uma vasta aplicabilidade do uso da teia de aranha devido às suas capacidades mecânicas e características físico-químicas. Devido a todas essas aplicações da teia de aranha, é imprescindível que haja a tentativa de sua produção em forma artificial (Neto, Marques, 2023).

Na medicina, os fios têm propriedades que poderiam ser usadas na criação de bandagens, suturas cirúrgicas e até mesmo na construção de órgãos artificiais. No campo da biotecnologia, a teia pode ser utilizada em biomateriais, como revestimento para implantes médicos e na criação de novos antimicrobianos. Além disso, a resistência desse material seria uma adição valiosa em diversos campos, da construção civil à indústria aeroespacial. (Su et al, 2021; Schwenck, 2022).

Os desafios técnicos e os imprevistos não nos desencorajam. Na verdade, eles nos impulsionam a buscar mais, a aprimorar os métodos, a refinar as análises. O experimento, apesar de suas adversidades, trouxe resultados promissores, demonstrando similaridades entre a glicina obtida em laboratório com a glicina comercial. Essa constatação abre portas para a continuidade dos estudos e experimentos.

As limitações logísticas que enfrentamos, sobretudo no acesso ao laboratório, não são impeditivos intransponíveis. Ao contrário, desafiam-nos a buscar alternativas, a pensar de forma criativa e a aproveitar ao máximo as oportunidades disponíveis para avançar em nosso propósito de compreender e aproveitar ao máximo a teia de aranha artificial.

Estamos confiantes de que este é apenas o começo de uma jornada que pode, de fato, revelar a extensão das possibilidades desse material. A ciência nos ensina a persistir e a enfrentar os desafios com resiliência, e é justamente isso que nos motiva a continuar e a aprofundar nossas pesquisas.

DESENVOLVIMENTO

Proposta inicial da pesquisa

A proposta inicial do grupo de pesquisa consistia em realizar a extração de um dos aminoácidos presentes na teia de aranha, a glicina. Essa ideia surgiu durante uma animada discussão em sala de aula sobre como poderíamos contribuir para o projeto “Historiando a Ciência”, cujos objetivos foram apresentar projetos científicos, provocar a criatividade dos alunos e mostrar a importância da ciência para as pessoas. Nesse contexto, a visão de uma teia de aranha comercial como uma eficiente cola ou mesmo um colete à prova de balas capturou nossa imaginação. Acreditávamos que dominar a produção desse material seria um avanço significativo no campo científico.

No entanto, ao longo do tempo disponível para nosso projeto, o grupo enfrentou desafios e limitações. Isso se reflete na obtenção apenas da glicina, pois, em razão da grande quantidade de substâncias que a teia é formada, por exemplo, alanina, serina, tirosina, entre outros, seria necessário maior tempo para a pesquisa. A busca pela extração de apenas uma delas foi árdua e vagarosa, mas conseguimos alcançá-la (Nogales, Freitas, Berrocal 2019; SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ, 2012).

Diante dessa situação, decidimos concentrar nossos esforços para extração apenas de um componente: a glicina. Dessa forma, persistimos com dedicação, continuando a desenvolver o nosso trabalho e compartilhando nossas descobertas na Plataforma Educacional Microsoft Teams, já que precisávamos, semanalmente, registrar e comprovar nossos avanços nas pesquisas, além de cumprirmos um planejamento fixado em nosso cronograma de pesquisa.

Os momentos dedicados ao projeto foram ricos em aprendizado e colaboração. Essa experiência fortaleceu nossa compreensão sobre a importância do trabalho em equipe na pesquisa científica. Mesmo diante dos desafios, nossa equipe permaneceu comprometida e, ao compartilhar nossas descobertas com nosso orientador, professores e colegas, fortalecemos não somente os laços entre nós, mas também, com o campo da ciência. Essa jornada não apenas expandiu nosso conhecimento sobre a glicina, mas também destacou a importância do processo científico e da resiliência diante dos obstáculos inesperados.

Da teoria à prática da pesquisa

O grupo de alunos, orientado pelo professor de Química, MSc. Celso Luis Soares dos Santos Sobrinho em uma colaboração estreita com a Prof^a Dra. Ana Paula Duarte Moreira, iniciou uma série de experimentos meticulosos na Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como parte de sua investigação em andamento. O processo teve início com uma operação de separação entre a clara e a gema do ovo. Posteriormente, a equipe procedeu a uma pesagem precisa, assegurando a exata utilização de 210 gramas de clara, vinda da extração de, aproximadamente, 7 ovos. Nessa fase inicial, a precisão da balança foi extremamente importante, desencadeando um papel fundamental na otimização do processo de extração.

Em um estágio subsequente, a equipe concentrou-se com dedicação na preparação minuciosa da solução de HCl 1,0 mol.L⁻¹ que foi cuidadosamente incorporada à clara (210 mL). A obtenção de uma mistura homogênea e a distribuição uniforme do ácido revelaram-se elementos essenciais para o sucesso do experimento. Após essa etapa, a mistura foi submetida a um aquecimento a 90°C por

2h sob agitação magnética, mantendo-se apenas a agitação por um período de 24 horas (Figura 1).

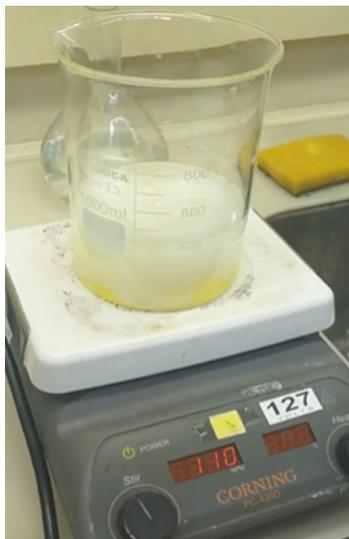


Figura 1: Mistura da clara do ovo com a solução de HCl 1,0 mol.L⁻¹
(processo de hidrólise de proteínas)
(Arquivo pessoal)

Esse procedimento desempenhou um papel vital na hidrólise das proteínas presentes na clara do ovo. A equipe, então, realizou a filtração da mistura, utilizando papel filtro e um funil de vidro previamente esterilizado, para eliminar as proteínas não hidrolisadas, garantindo uma abordagem rigorosa em cada passo do processo.

Com a solução filtrada, iniciamos o ajuste meticuloso do pH, alinhando-o cuidadosamente em 2,2 com a adição de NaOH 1,0 mol.L⁻¹ (105 mL). Esse foi um procedimento delicado que exigiu monitoramento constante para assegurar a posterior precipitação da glicina com a adição de dois solventes distintos, acetona e etanol.

A etapa subsequente envolveu dividir a solução filtrada em duas partes (150 mL cada) e a adição de acetona (400 mL) e etanol (400 mL). Essa nova mistura foi mantida por mais 24 horas em banho-maria a 0°C (Figura 2).



Figura 2: Mistura da solução filtrada com acetona e etanol
(processo de cristalização da glicina)
(Arquivo pessoal)

Este processo foi de fundamental importância para a obtenção dos cristais brancos de glicina sólida, representando um marco significativo na trajetória da pesquisa e destacando a meticulosidade aplicada.

A última fase do experimento

A última etapa nos exigiu uma abordagem minuciosa para a filtragem e secagem da glicina sólida. A equipe optou pelo uso de filtração à vácuo para separar a glicina sólida da solução líquida, priorizando a pureza e a precisão em cada etapa. No que concerne ao processo de secagem, os sólidos obtidos foram deixados em repouso, apenas no ar, para evaporação natural.

Ao contemplarmos os cristais brancos da glicina sólida (Figura 3), a equipe não apenas refletiu profundamente sobre o sucesso do experimento mas, também, apreciou a riqueza de informações obtidas ao longo desse processo metódico. Este trabalho, além de representar um avanço científico, abre perspectivas para aplicações práticas e inovações futuras, destacando-se como uma contribuição significativa no campo da pesquisa.

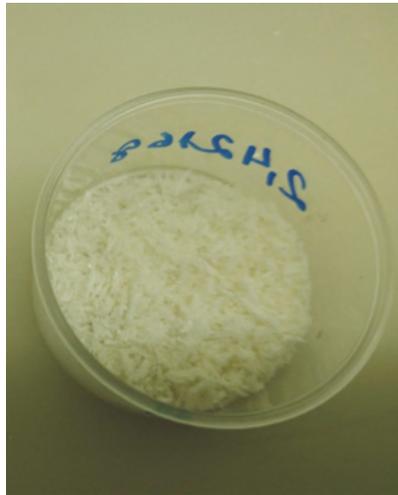


Figura 3: Cristais de glicina obtidos
(Arquivo pessoal)

A sinergia entre a colaboração acadêmica, a dedicação meticulosa e a visão pragmática para o futuro solidificam a importância desse trabalho no panorama científico atual.

A partir da glicina extraída fomos em busca de comparar o produto obtido com a glicina comercial. Para isso, utilizamos a técnica de FTIR, que é uma metodologia analítica utilizada na indústria e em laboratórios acadêmicos para compreender a estrutura de moléculas individuais e a composição de misturas moleculares, desta forma identificamos as bandas características da glicina e também, verificamos se eram as mesmas do material extraído. O espectro de FTIR foi obtido utilizando um Espectrômetro Nicolet da Thermo Fisher Scientific, empregando o módulo de reflectância total atenuada (ATR) com 256 scans e 4 cm^{-1} de resolução, na faixa de 4000 a 650 cm^{-1} .

O gráfico 1 mostra a comparação dos espectros obtidos para a glicina comercial (GLI - linha azul), a glicina precipitada utilizando acetona (GLI_A - linha laranja) e a glicina precipitada utilizando etanol (GLI_E - linha cinza). É possível observar que as amostras obtidas (GLI_A e GLI_E) apresentam as mesmas bandas características da glicina vendida comercialmente (GLI). Isso indica o sucesso do experimento realizado na extração da glicina a partir da clara do ovo.

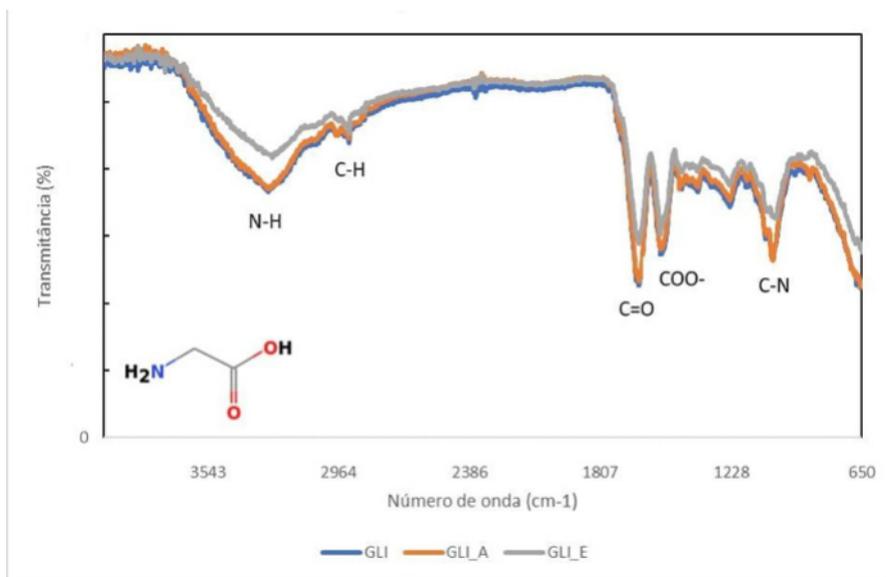


Gráfico 1: Espectro de FTIR comparativo das amostras de glicina
FONTE: Elaborado pelo autor (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Além dos aspectos técnicos, a pesquisa não apenas se destacou pela execução dos procedimentos laboratoriais, mas também pela compreensão profunda dos princípios químicos envolvidos. A equipe não hesitou em enfrentar desafios, como a necessidade de monitorar constantemente a temperatura e o pH durante a extração da glicina, revelando uma abordagem cuidadosa na resolução de problemas. Considerando as vantagens e limitações das técnicas, evidenciando a habilidade do grupo em adaptar-se às condições específicas, maximizando os recursos disponíveis.

As consequências dessa pesquisa vão além do laboratório e da sala de aula. Pois, ter contato com a realização de pesquisas de diversas áreas e, também, a realização de um experimento elaborado pelos próprios alunos do CBNB, em um laboratório da UFRJ, com equipamentos e materiais totalmente novos, foi muito relevante, tanto para despertar o interesse dos estudantes quanto para a construção de novos conhecimentos dentro da área das ciências e da natureza. A proposta transdisciplinar do projeto Historiando a Ciência não auxilia apenas na preparação para a futura vida acadêmica dos integrantes do grupo. Paralelamente, a pesquisa nos ensina sobre metodologia científica e nos proporciona o contato com a investigação científica, desenvolvendo e estimulando a autonomia e o pensamento crítico através das relações uns com os outros e com a sociedade, sendo de suma importância para a seguinte fase da vida do corpo discente.

Além dos méritos técnicos e potenciais aplicações práticas, revela-se a importância do trabalho em equipe, da troca de saberes e da cooperação mútua entre os educadores e educandos. Isso foi possível em função da colaboração e parceria entre o grupo de pesquisa do projeto Historiando a Ciência e dos professores MSc. Celso Santos, do CBNB e da Prof^a Dra. Ana Paula Duarte, da UFRJ os quais foram responsáveis pela orientação dos estudantes.

A descrição detalhada de cada etapa foi um dos fatores-chave para superar obstáculos e aprimorar cada fase do experimento. Desde a escolha do material de partida até a comparação dos resultados com o material comercial, tal detalhamento não apenas valida a credibilidade dos resultados, mas também proporciona um guia valioso para os demais educadores que possam se interessar pelo tema ou por estudos semelhantes, sabendo que esse foi apenas o primeiro passo em direção à obtenção da teia de aranha. Outros fatores importantes que podem ser citados são a troca de conhecimentos e práticas eficientes, que destacam o compromisso do grupo não apenas com seus objetivos individuais, mas com o avanço coletivo do conhecimento científico.

Ademais, é crucial reconhecer o papel desempenhado pela persistência e paciência ao longo do processo. O tempo dedicado à hidrólise e a cuidadosa espera durante a cristalização refletem a compreensão do grupo sobre a natureza essencial da pesquisa científica. Essa jornada não apenas fortalece a confiabilidade dos resultados, mas também enfatiza a importância de uma abordagem reflexiva e estratégica em experimentos de alta complexidade.

É necessário seguir as práticas científicas corretas e alunos comprometidos para que se obtenha trabalhos científicos de qualidade. Essa metodologia da introdução de um fazer universitário, ainda em período escolar para nós estudantes, nos auxilia e nos fortalece para um futuro acadêmico.

A conquista obtida não apenas contribui para o acervo do conhecimento científico, como também destaca a importância de nutrir o interesse pela ciência desde as fases iniciais da formação escolar até a vida acadêmica. A ampliação da interação entre alunos e professores ressalta a relevância de programas educacionais que promovam a participação ativa em projetos de pesquisa.

Ao proporcionar oportunidades para jovens cientistas se envolverem em investigações significativas, não apenas se catalisa o desenvolvimento de habilidades práticas, mas também se cultiva uma paixão duradoura pela descoberta científica e o interesse pela área de ciências, que é essencial para a sustentabilidade do progresso científico global. Este projeto não só alcança avanços no conhecimento, mas também inspira e molda as mentes que serão os futuros condutores da inovação científica.

Além das implicações práticas, a conclusão desta pesquisa suscita questões para investigações futuras. A compreensão aprofundada dos processos envolvidos na extração da glicina pode abrir portas para refinamentos adicionais, otimizando a eficiência do método ou explorando variações nas condições experimentais. A comunidade científica é incentivada a aprofundar o conhecimento obtido, promovendo uma constante evolução na busca por métodos mais eficazes e aplicáveis.

Por último, a pesquisa destaca a necessidade contínua de investimento e apoio à pesquisa científica. Projetos como este exigem recursos significativos, desde materiais de laboratório até equipamentos especializados. O sucesso deste estudo sublinha a importância de reconhecer a pesquisa como um investimento valioso no progresso humano. Ao destacar os benefícios tangíveis derivados do compromisso com a pesquisa, esta conclusão reforça a importância de fomentar um ambiente propício à inovação e descobertas científicas que moldam positivamente nosso entendimento do mundo e impulsionam avanços em diversas áreas.

Em síntese, a pesquisa colaborativa entre os alunos do grupo Teia de Aranha com o professor Celso Santos e com a professora Ana Paula Duarte, revelou resultados positivos para o meio. Todo o processo realizado pelos alunos, desde a formulação e desenvolvimento da pesquisa, até a sua conclusão, foi de suma importância para o desenvolvimento crítico, acadêmico e intelectual de todos que estiveram envolvidos com o projeto.

O projeto Historiando a Ciência, despertou o interesse e comprometimento de muitos estudantes a realizarem suas próprias investigações científicas. Para os jovens pesquisadores, foi uma experiência memorável ao obtermos um aminoácido por meio da clara de ovo, um alimento simples, consumido na rotina de todos. Como também foi interessante acompanhar e participar ativamente de todo esse processo e sentir-se pertencentes ao projeto foi extraordinário para os estudantes. Este projeto não apenas representa um avanço acadêmico, mas também ressalta a necessidade contínua de investimento em ciência e educação para cultivar mentes curiosas e impulsionar futuras descobertas.

REFERÊNCIAS

Alanina. In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2029. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Alanina>. Acesso em: 8 jul. 2023.

EBERHARD, William. Function and Phylogeny of Spider Webs. *Annual Review of Ecology and Systematics*, California, v. 21, n. 1, p. 341-372, Nov. 1990.

FACULDADES OSWALDO CRUZ. Semana da Química - Painéis. 2019. Disponível em: https://www.oswaldocruz.br/painel/painel.asp?id_painel=293. Acesso em: 26 jun. 2023.

NOBRE, Iago. **O fio das teias de aranha e sua resistência**. Pet Química. 2021. Disponível em: <http://www.petquimica.ufc.br/o-fio-das-teias-de-aranha-e-sua-resistencia/>. Acesso em: 04 jul. 2023.

PORTAL SÃO FRANCISCO. **Mucopolissacarídeos**. 2019. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/corpo-humano/mucopolissacarideos>. Acesso em: 2 jul. 2023.

SCHWENCK, Lucas da Costa. **Teias de aranha como uma possível fonte de produtos bioativos para a descoberta de novos antibacterianos**. Disponível em: www.pantheon.ufrj.br. Acesso em: 17 maio 2022.

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. Teia de aranha. Disponível em: <http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/galeria/detalhe.php?foto=1432&evento=3>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SILVERS, Robert; BUHR, Florian; SCHWALBE, Harald. **The Molecular Mechanism of Spider-Silk Formation**. *Angewandte Chemie International Edition*, Weinheim, v. 49, n. 32, p. 5410-5412, 28 jun. 2010.

VOLLRATH, Fritz. Spider Webs and Silks. *Scientific American*, Nova Iorque, v. 266, n. 3, p. 70-77, 1992.

