



Rhian Brenno da Silva Cerqueira

TECNOLOGIA BIOMIMÉTICA : Elementos da natureza

Rio de Janeiro

2024

Rhian Brenno da Silva Cerqueira

TECNOLOGIA BIOMIMETICA: Elementos da natureza

Monografia apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Análises Clínicas.

Orientador: Flavio Astolpho Vieira Souto Rezende

Rio de Janeiro

2024

Rhian Brenno

TECNOLOGIA BIOMIMETICA: Elementos da natureza

Monografia apresentado à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Análises Clínicas.

Aprovado em 27/11/2024

BANCA EXAMINADORA

Flavio Astolpho Vieira Souto Rezende
EPSJV/FIOCRUZ

FlavioHenrique Marcolino da Paixão
EPSJV\FIOCRUZ

Daniel Santos Souza
EPSJV/FIOCRUZ

Rio de Janeiro

2024

*Dedico esse trabalho a
todas as pessoas que
nao conhecem a
biomimetica.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu força e capacidade para a conclusão deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador Flavio Astolpho Vieira Souto Rezende com quem compartilhei ideias e construções.

Agradeço à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV-Fiocruz) pelo apoio institucional e pelo apoio dos Profissionais que encontrei lá, em especial a Professora e Pesquisadora Fernanda Bottino, que mesmo não sendo minha orientadora ou co-orientadora, me ajudou muito na conclusão deste Trabalho.

Agradeço a minha família e amigos que me deram apoio nos momentos difíceis, e agradeço minha namorada Maria Eduarda, sem ela eu não teria conseguido.

Agradeço aos professores Flavio Paixão e Daniel Souza, que participaram da minha banca examinadora, juntamente ao meu orientador.

*Na dança da vida, a natureza ensina,
Com formas e cores, em perfeita rima.
Do voo da vespa ao veneno da cobra,
Cada detalhe é arte, cada ser é obra.*

*Inspire-se no que a terra nos dá,
Soluções brilhantes que podemos encontrar.
Na biomimética, a sabedoria floresce,
E um futuro sustentável, juntos tece.*

Rhian Brenno

RESUMO

A tecnologia biomimética é utilizada na busca por soluções e estratégias que se inspiram nos elementos da natureza, com o objetivo de aplicá-la em diversas áreas, como robótica, medicina e design sustentável. O objetivo deste trabalho é apresentar tecnologia biomimética relacionando com as suas principais aplicações atuais. De forma mais específica, este estudo buscará identificar as características das substâncias presentes no veneno da vespa *Polybia paulista*, que demonstram potencial para retardar o crescimento de células cancerígenas, atacando especificamente as células doentes. Além disso, será investigada a substância contida no veneno da cobra cascavel, conhecida por sua capacidade de reduzir a formação de trombos, que são responsáveis por acidentes vasculares cerebrais (AVC) e sua ação no tratamento oncológico. A metodologia empregada consistiu em uma revisão bibliográfica utilizando a Biblioteca Virtual da Saúde (BVS) e o Google Acadêmico. No primeiro capítulo foram apresentados conceitos e exemplos de biomimética, destacando inovações que se inspiram na natureza. Um exemplo notável é o desenvolvimento de tecidos para roupas aquáticas, inspirados na pele de tubarões, que utilizam tecnologias inteligentes para otimizar a locomoção na água. Além disso, este estudo incluirá uma análise do contexto histórico da biomimética, definindo seu conceito e explorando como essa abordagem inovadora pode beneficiar a vida humana em diversas áreas. O segundo capítulo é dedicado ao estudo aprofundado das propriedades do veneno da vespa *Polybia paulista* e da cobra cascavel (*Crotalus durissus*). Relatando o processo do mecanismo de ativação do veneno da Vespa *Polybia Paulista* cujo peptídeos do veneno têm a capacidade de romper as membranas celulares de bactérias e fungos, levando à morte celular e também a capacidade ativar células do sistema imunológico, como macrófagos e linfócitos T. Do mesmo modo será tratado o veneno da cobra cascavel (*crotalus durissus*) que através dos peptídeos presentes no veneno também podem induzir apoptose (morte celular programada) em células cancerígenas e seu veneno também pode ajudar a ativar o sistema imunológico ao aumentar a produção de citocinas, que são moléculas sinalizadoras que regulam a resposta imune.

Palavras-chave: Biomimética, tecnologias biológicas, cobra cascavel, vespa *Polybia*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Edifício Eastgate Center	15
Figura 2 – Imagem ilustrativa do tecido Farstikin	16
Figura 3 – Vespa <i>Polybia Paulista</i>	19
Figura 4 – Imagem ilustrativa da fórmula química do MP1	20
Figura 5 – Cobra Cascavel (<i>Crotalus Durissus</i>)	<u>24</u>

ABREVIATURAS E SIGLAS

AVC – Acidente Vascular Cerebral

CFD – *Computer Fluid Dynamics*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. METODOLOGIA	14
4. Conceitos e aplicações da biomimética nos dias atuais	15
4.1. - Contexto histórico da biomimética	17
5. Aplicações da vespa <i>Polybia paulista</i>	19
5.1 Biologia das vespas do gênero <i>Polybia</i> Paulista.....	21
5.2 Mecanismos de Ação do veneno da Vespa <i>Polybia Paulista</i>	21
6. Aplicações da cobra cascavel (<i>Crotalus durissus</i>)	23
6.1. Uso da pele da cobra cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).....	25
6.2 Biologia da Cobra Cascavel (<i>Crotalus Durissus</i>).....	25
6.3. Mecanismos de Ação do veneno da cobra cascavel (<i>Crotalus Durissus</i>).....	26
7 - Veneno da <i>polybia</i> e <i>crotalus</i> na Imunoterapia	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAL	29
REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia biomimética, termo criado por Janine Benyus é um campo que busca soluções e estratégias inspiradas nos elementos da natureza, com o objetivo de aplicá-las em diversas áreas, como robótica, medicina e design sustentável. Essa abordagem inovadora visa desenvolver soluções que não apenas resolvam desafios tecnológicos, mas também respeitem e preservem o meio ambiente (MEIRA *et al.*, 2008) e (BENYUS, 1997).

Na robótica, por exemplo, pesquisadores estudam a pele do tubarão para criar tecidos subaquáticos que melhoram a locomoção em ambientes aquáticos. Outro exemplo interessante é a vespa *Polybia paulista*, uma espécie nativa do Brasil conhecida por seu comportamento agressivo e veneno potente. O interesse em relação a essa vespa vai além de suas características naturais; ela é objeto de estudo na biomimética devido à presença de uma substância em seu veneno que pode retardar o crescimento de células cancerígenas (RICHARD, 1974) e (DESMET, 2007).

Além disso, a cobra cascavel (*Crotalus durissus*) possui um veneno que contém a substância peg-1-colinaína, capaz de reduzir a formação de trombos, os principais responsáveis por acidentes vasculares cerebrais (SOARES, 2010). Esses exemplos demonstram o potencial da biomimética para inspirar inovações no campo da saúde (BENYUS, 1997) e (SOARES, 2010).

Este trabalho tem como foco aumentar a conscientização sobre a biomimética e explorar como ela pode levar ao desenvolvimento de tecnologias e tratamentos mais eficazes para doenças como câncer e condições autoimunes. A biomimética oferece benefícios significativos para a vida humana ao criar tecnologias que facilitam nosso cotidiano. Segundo Meira e colaboradores (2008):

De um modo mais amplo, esse tipo de abordagem também evidencia a importância estratégica de se proteger espécies contra extinção, uma vez que elas seriam relevantes não apenas para o equilíbrio da biosfera, mas também para o fornecimento de modelos inovadores para produtos industriais (MEIRA *et al.*, 2008).

Um outro exemplo notável é o velcro, que foi inspirado na estrutura das sementes do cardo (MINASBIO, 2021). Além disso, edifícios na Austrália foram projetados com base na circulação de ar observada em cupinzeiros, otimizando o uso de energia.

Esta pesquisa apresentará algumas dessas inovações e os principais conceitos da biomimética. O aspecto relevante da Biomimética é reconhecer a importância de proteger os seres vivos da extinção, a fim de que não percam as soluções da natureza que controlam a sobrevivência, que nós ainda não estudamos ou ainda não compreendemos (MEIRA *et al.*, 2008).

Também será tratado sobre a imunoterapia, que é um tipo de tratamento contra o câncer que visa combater o avanço da doença pela ativação do próprio sistema imunológico do paciente (JORGE, 2019). Os mecanismos de ação imunoterápico da vespa *Polybia paulista* e da Cobra Cascavel (*Crotalus durissus*) é um assunto fascinante que será tratado nesse trabalho (RICHARD, 1974) e (SOARES, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar a tecnologia biomimética relacionando a utilização da vespa *Polybia paulista* e a cobra cascavel (*Crotalus durissus*), a produção de cosméticos, fármacos e tecnologia.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Apresentar os conceitos da Biomimética e suas principais aplicações atuais
- 2) Identificar as características biológicas da vespa *Polybia paulista* e veneno da cobra cascavel (*Crotalus durissus*) e seus usos farmacológicos e tecnológicos

3.METODOLOGIA

Este estudo se baseia em uma pesquisa qualitativa através de revisão bibliográfica de artigos e livros, usara como estratégias de pesquisa os sites da Biblioteca Virtual da Saúde (BVS), Scielo e Google acadêmico, vídeos, podcast, livros, isto é, com pesquisas analíticas e reflexivas com análise documental, tendo como referência Gerson Luiz Meira.

O período de análise será de 2007 até 2024, nos idiomas português e inglês. A pesquisa terá como palavras-chave: Biomimética, *Vespa polybia*, tecnologia biológicas e cobra cascavel (*Crotalus durissus*).

4. Conceitos e Aplicações da Biomimética nos dias atuais

A Biomimética não se trata apenas de copiar a natureza, mas de fazê-lo de forma sustentável. Isso implica em criar produtos, processos e sistemas que sejam amigáveis ao meio ambiente e que imitem os ciclos naturais. A biomimética tem como objetivo mudar a visão das pessoas do mundo no futuro, gerando energia limpa e novos materiais. Um ótimo exemplo de biomimética, é a substituição de ar-condicionado por uma tecnologia similar ao interior de cupinzeiros para se auto resfriar, como foi aplicado no edifício Eastgate Center (Figura 1), que fica localizado no Zimbábue, e criado pelo arquiteto Mick Pearce (PEARCE, 2016).

Figura 1 – Edifício Eastgate Center



Fonte: PEARCE *et al.*, 2016

Um dos principais conceitos da biomimética é observar os organismos vivos e os ecossistemas da natureza e copiá-los, criando tecnologias que possam auxiliar em nosso dia a dia. Esse auxílio virá através de uma flexibilidade singular, junta a uma sensibilidade própria, e uma confiança nas tarefas recomendadas a cada uma de suas funções (BENYUS, 1997).

A Biomimética também observa a alimentação de alguns animais, como por exemplo os chimpanzés (*Pan troglodytes*), e identificaram que, em algumas plantas, é possível encontrar além

da parte de compostos alimentares, outros compostos que podem ser utilizados para a fabricação de medicamentos (BENYUS, 1997)

Outras plantas produzem compostos que são antiparasitas altamente tóxicos. Os chimpanzés são excelentes para identificarem essas plantas que possuem esses compostos que fazem bem a sua saúde. Quando ingeridos pelos mesmos, são capazes de eliminar parasitas intestinais sem fazer mal a si mesmo, graças a seleção ideal dessas plantas e a quantidade ingerida (BENYUS, 1997).

Seguindo nessa lógica, a biomimética é uma área que é indispensável no trabalho coletivo de biólogos e engenheiros com o mundo natural quando se quer detectar soluções de projetos em organismos da natureza (ARRUDA, 2010).

O Farstikin é um tecido que foi desenvolvido pela Speedo® uma marca que é responsável por produzir artigos esportivos e foi inspirado nas características da pele do tubarão, já que ele foi considerado com peixe mais rápido dos mares. Sua pele é coberta por escamas, que também é o material responsável pela formação dos seus dentes (Figura 2) (DESMET, 2007).

Figura 2 - Imagem ilustrativa do tecido Farstikin e do tubarão, animal que possui o material necessário para a composição deste tecido.



Fonte: FORMIGHIERI, 2023

Para testar a fricção e o arraste da água na superfície do corpo humano, a Speedo® usou uma tecnologia chamada *Computer Fluid Dynamics* (CFD)¹ utilizada para examinar e pesquisar a

¹ Dinâmica Computacional de Fluidos, analisa e tenta resolver problemas ligados ao fluxo de líquidos.

dinâmica fluídica no corpo dos nadadores. Usando a tecnologia CFD, a Speedo® descobriu que, como no tubarão, a água move-se diferentemente pelo corpo humano ocasionando maior fricção em algumas de suas partes. O CFD também constatou que a fricção e o arraste agem diferentemente em corpos masculinos e corpos femininos, tendo assim desenvolvido trajes diferentes para ambos os sexos. Este formato reduz o atrito e o arrasto da água, reduzindo assim a turbulência ao redor do corpo. A redução do atrito permite que os tubarões tenham maior fluidez ao nadar, movendo-se de forma eficiente pela água com resistência mínima e utilizando menos energia(DESMET, 2007).

Este tecido que imita a pele do tubarão e tem a mesma função de reduzir a resistência à água, agora está sendo usado na confecção de trajes de banho para nadadores profissionais.

Segundo o fabricante, os nadadores que usam o novo maiô são 7,5% mais rápidos do que os nadadores que não usam. A estrutura do tecido (Figura 2) é composta por micro ranhuras em forma de “V” que canalizam a água e ficam localizadas na superfície externa do maiô para permitir que o nadador deslize quando em contato com a água. Desta forma, estas micro ranhuras em forma de “V” reduzem resistência à água, criando vantagens hidrodinâmicas associadas a pele humana (INDUSTRIAL DESIGN, 2007).

4.1.- Contexto histórico da biomimética

A biomimética, como um campo de estudo formal, não foi criada por apenas uma pessoa, mas sim evoluiu ao longo do tempo com contribuições de cientistas, pesquisadores e pensadores de diversas áreas. No entanto, a ideia de se inspirar na natureza para inovação a solução de problemas remota a tempos antigos (DETANICO, 2010).

O termo biomimética foi pensado pelo engenheiro americano Otto Schmitt e foi popularizado pela cientista Janine Benyus, que escreveu o livro “Biomimicry: innovation inspired by Nature”² em 1997. Ela ajudou a trazer a biomimética para o centro das atenções e a promover suas aplicações em diversas disciplinas (BENYUS, 1997).

Apesar disso, é importante ressaltar que a ideia de aprender com a natureza e imitar suas soluções eficientes é muito mais antiga do que a criação do termo em si, e muitos cientistas e inventores ao longo da história contribuíram para o desenvolvimento desse estudo. Um exemplo de que a biomimética existe há muito tempo é a obra de Leonardo da Vinci, que criou vários

² Biomimicry: innovation inspired by Nature traduzido para Biomimética: Inovação inspirada na natureza

esboços de máquinas voadoras apenas observando como os pássaros voam (DE SOUZA *et al.*, 2024).

Tanto a vespa *Polybia paulista* quanto a cobra cascavel possuem características únicas que despertam o interesse da biomimética devido às soluções inovadoras que podem oferecer para diversos campos tecnológicos. Vamos explorar a relevância de cada uma (MARQUES DE SÁ, 2023).

A vespa *Polybia paulista* é estudada por cientistas devido às propriedades antimicrobianas encontradas em seu veneno (RICHARD,1994). Essas propriedades têm potencial para o desenvolvimento de novos antibióticos e agentes antimicrobianos, sendo uma fonte de inspiração para a criação de soluções na área da biotecnologia e medicina.

A cobra cascavel (*Crotalus durissus*) é conhecida por possuir um sistema sensorial altamente especializado que detecta vibrações no solo, permitindo localizar presas e se defender de predadores. Esse sistema sensorial tem despertado o interesse da biomimética para o desenvolvimento de tecnologias de detecção e sensoriamento, como sensores sísmicos e acústicos mais sensíveis e eficazes (SUEIRO, 2005).

5. Aplicações da vespa *Polybia paulista*

5.1 Biologia das vespas do gênero *Polybia*

A família Vespidae é constituída por três subfamílias: Stenogastrinae, Vespinae e Polistinae. No Brasil, apenas a subfamília Polistinae é encontrada, sendo esta constituída, segundo Carpenter (1993), por três tribos: Epiponini, Mischocyttarini e Polistini. Dentro da tribo Epiponini encontram-se as vespas do gênero *Polybia* (MANZOLI-PALMA, 1994).

O gênero *Polybia* foi primeiramente classificado por Richards (1978), juntamente com outros 22 gêneros na família Vespidae, subfamília Polistinae e Polybiini. Carpenter (1993) definiu uma nova classificação quanto às tribos que compõem a subfamília Polistinae de ocorrência na América do Sul em: Polistini (gênero *Polistes*), Mischocyttarini (gênero *Mischocyttarus*) e Epiponini (gêneros *Apoica*, *Agelaia*, *Angiopolybia*, *Asteloea*, *Brachygastra*, *Chartegellus*, *Charteginus*, *Chartergus*, *Clypearia*, *Epipona*, *Leipomeles*, *Marimbonda*, *Metapolybia*, *Nectarinella*, *Occipitalia*, *Parachartergus*, *Polybia*, *Protonectarina*, *Protopolybia*, *Pseudopolybia*, *Synoeca* e *Synoecoides*) (MANZOLI-PALMA; 1994).

As vespas do gênero *Polybia* são insetos altamente sociais, apresentando ampla distribuição geográfica, ocorrendo em grande parte da América do Sul, sendo que no Brasil elas são encontradas em praticamente todos os estados (RICHARDS, 1978).

Os adultos apresentam como principais características morfológicas a presença de dois pares de asas membranosas, aparelho bucal do tipo mandibulado, ou mastigador, dotado de mandíbulas mais ou menos desenvolvidas; abdômen visivelmente metamerizado terminando em um ferrão conectado a uma glândula de veneno (RICHARD, 1978).

Figura 3 – Imagem ilustrativa da vespa *Polybia paulista*



Fonte: <https://www.etoprag.com.br/vespas/>

5.2. Características do veneno da Vespa

O veneno da vespa *Polybia paulista* contém uma variedade de peptídeos bioativos que têm sido estudados por suas propriedades terapêuticas (Figura 3). Entre essas propriedades, destacam-se as antibacterianas, já que componentes do veneno demonstraram atividade contra diversas bactérias, sugerindo seu potencial como agente antimicrobiano.

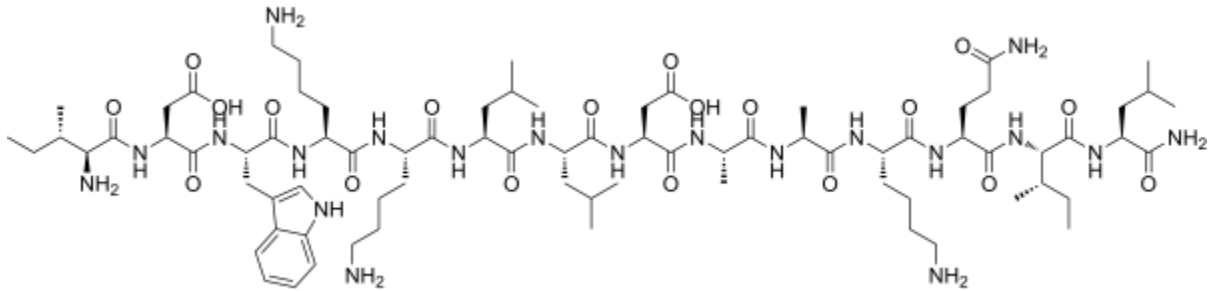
Além disso, alguns peptídeos presentes no veneno têm mostrado efeito analgésico, podendo ser utilizados no desenvolvimento de novos medicamentos para dor (MANZOLI-PALMA, 1994).

Há também pesquisas em andamento sobre como o veneno pode ajudar a modular respostas imunes em condições autoimunes. Estudos indicam que certos componentes do veneno têm atividades contra células cancerígenas (RICHARD, 1994).

Por fim, o estudo do veneno também pode auxiliar na criação de antiveneno mais eficazes para picadas de outras espécies de vespas ou insetos. Esses aspectos fazem da *Polybia paulista* não apenas uma espécie interessante do ponto de vista ecológico, mas também um potencial fonte de novos tratamentos na medicina. A polybia-MP1, um dos peptídeos da vespa, tem efeitos citotóxicos, ou seja, é capaz de induzir a morte de células cancerígenas, sem afetar significativamente as células saudáveis (RICHARD, 1994).

A MP1 demonstra atividade contra uma variedade de bactérias e fungos, tornando-a um potencial agente terapêutico em infecções. Seu mecanismo de ação envolve a destruição da membrana celular dos patógenos, o que a torna promissora para o desenvolvimento de novos antibióticos, especialmente em um contexto em que a resistência a antibióticos é uma preocupação crescente. O veneno da vespa *Polybia paulista*, pode ajudar a estimular o sistema imunológico, tornando-o mais eficaz na identificação e eliminação de células tumorais (ALVES, 2016).

A molécula que compõe o seu veneno, chamada de MP1 (Figura 4), tem capacidade de distinguir as células cancerosas das saudáveis, atacando somente as doentes. Os peptídeos de todos os venenos são geralmente citotóxicos (tóxico às células), mas não o MP1, que tem uma poderosa atividade bactericida (ALVES, 2016).

FIGURA 4 - Imagem ilustrativa da formula quimica do MP1

Fonte: <https://www.medchemexpress.com/polybia-mp1.html>

O MP1 é uma molécula promissora no combate ao câncer, com ações bem definidas nas células tumorais. sua principal função é inibir a proliferação celular, ou seja, ele interfere diretamente no ciclo das células cancerígenas, impedindo que elas se multipliquem descontroladamente Além disso, o MP1 induz a apoptose, um processo natural que leva as células danificadas à morte programada, algo que muitas células cancerígenas conseguem evitar .Outro aspecto importante é a modulação das vias de sinalização celular. o MP1 tem o potencial de restaurar o controle do crescimento celular ao afetar essas vias, que frequentemente estão alteradas nas células cancerígenas (ALVES,2016).

Além disso, suas propriedades anti-inflamatórias são relevantes, pois a inflamação crônica está ligada ao desenvolvimento e à progressão do câncer (SOARES, 2010).

Essas características fazem do MP1 uma molécula de grande interesse na pesquisa oncológica, e espera-se que os estudos em andamento revelem ainda mais sobre seu potencial terapêutico (ALVES, 2016).

Os peptídeos do veneno têm a capacidade de romper as membranas celulares de bactérias e fungos, levando à morte celular. Isso é particularmente útil no tratamento de infecções resistentes a antibióticos. O veneno pode ativar células do sistema imunológico, como macrófagos e linfócitos T. Essa ativação é crucial para aumentar a resposta imune do organismo contra células tumorais e patógenos. Quando combinados com outras terapias, os peptídeos do veneno podem potencializar a eficácia dos tratamentos convencionais, como quimioterapia e radioterapia, aumentando a morte celular em tumores (RICHARD,1974)..

5.3. Veneno da polybia na Imunoterapia

A imunoterapia é um tipo de tratamento contra o câncer que visa combater o avanço da doença pela ativação do próprio sistema imunológico do paciente. A ideia é que, com o uso de medicamentos, o organismo do paciente elimine a doença de forma mais eficiente e com menos toxicidade (JORGE, 2019).

O veneno da vespa *Polybia paulista* contém uma variedade de peptídeos que possuem propriedades bioativas, sendo especialmente reconhecido por sua atividade antimicrobiana e imunomoduladora. Os principais componentes desse veneno são os peptídeos catiônicos, que são moléculas com carga positiva que podem interagir com as membranas celulares.

Diversas instituições têm direcionado investimentos para pesquisas nessa área, pois as abordagens de imunoterapia oferecem benefícios em relação às terapias tradicionais e têm o potencial de tratar tipos de câncer que até então eram considerados intratáveis.

O objetivo deste estudo é identificar alguns dos mecanismos que fundamentam a imunoterapia, além de mencionar suas categorias e os tipos de câncer nos quais essas terapias têm sido aplicadas.

Os resultados mostram que o termo imunoterapia abrange uma ampla gama de tratamentos baseados no Ciclo de Imunidade ao Câncer.

Os Inibidores de Checkpoint, por exemplo, atuam bloqueando os mecanismos de imunossupressão que o tumor utiliza.

A Terapia com Células Adotivas envolve a extração e o treinamento de linfócitos T dos próprios pacientes para que possam reconhecer e atacar antígenos específicos do tumor.

As vacinas também são destacadas, pois utilizam células tumorais modificadas geneticamente para induzir uma resposta imune.

Essas terapias estão sendo investigadas em diversos tipos de melanoma, câncer de mama, glioblastoma e cânceres hematológicos, como o mieloma metastático, entre outros.

Além disso, a combinação de técnicas imunoterápicas com tratamentos convencionais se mostra como uma alternativa promissora. Contudo, ainda existem barreiras para estabelecer um método de produção mais eficiente e econômico, o que limita a aplicação em larga escala dessas terapias.

Em conclusão, muitas das abordagens imunoterápicas ainda são experimentais e sua implementação ampla ainda é incerta. No entanto, os resultados obtidos em estudos clínicos indicam uma perspectiva promissora em relação a esse novo caminho no combate ao câncer. (FALÇONI JÚNIOR, 2020).

6. Aplicações da cobra cascavel (*Crotalus durissus terrifocus*)

6.1 Biologia da Cobra Cascavel (*Crotalus Durissus terrifocus*)

A cascavel (*Crotalus durissus terrifocus*) é uma cobra robusta, que pode atingir mais de 1,50 m de comprimento, e possui uma forma muito particular de se defender de predadores e outros animais. Na ponta de sua cauda, a cascavel possui um guizo (chocalho) que, ao ser agitado, provoca um som inconfundível, mandando um claro recado a todos ao redor. A sabedoria popular afirma que é possível adivinhar a idade da serpente através da contagem dos anéis que formam o guizo – cada anel equivaleria a um ano de vida da cobra. Entretanto, essa informação não é correta: os anéis são formados a cada troca de pele da serpente, e a frequência dessas trocas varia não só conforme a idade, mas também de acordo com a disposição de alimento, fatores ambientais, entre outros (SUEIRO, 2005).

Outro aspecto interessante é o comportamento da cascavel durante a reprodução. As fêmeas são ovovivíparas, o que significa que dão à luz filhotes já desenvolvidos, ao invés de colocar ovos. Isso proporciona uma maior proteção aos filhotes nos primeiros estágios de vida, pois eles nascem em um ambiente mais seguro (SOARES, 2010).

A *Crotalus durissus* também se destaca por sua capacidade de camuflagem. Sua coloração varia entre tons de marrom e cinza, permitindo que ela se misture eficazmente ao ambiente natural, como o solo seco e as folhas caídas. Essa habilidade ajuda na caça e na fuga de predadores.

Por fim, a cascavel é uma espécie que desempenha um papel importante no ecossistema. Como predadora, ajuda a controlar as populações de roedores e outras pequenas criaturas, mantendo o equilíbrio ecológico (SUEIRO, 2005).

6.2. Características do veneno da cobra cascavel

A cobra cascavel (*Crotalus durissus*), conhecida por seu veneno potente, possui uma substância chamada **crotoxina**, que tem atraído a atenção da comunidade científica por seu potencial terapêutico. A crotoxina é uma proteína que, além de ser neurotóxica, tem demonstrado propriedades anticoagulantes. Os trombos, ou coágulos sanguíneos, são responsáveis por obstruir vasos sanguíneos e podem levar a acidentes vasculares cerebrais (AVCs) e outras complicações. A crotoxina age inibindo a agregação plaquetária, um processo que contribui para a formação de coágulos. Isso significa que essa substância pode ajudar a reduzir a formação de trombos e, conseqüentemente, o risco de AVCs. A crotoxina é composta por duas subunidades: uma subunidade A e uma subunidade B. A subunidade A é responsável pela atividade neurotóxica, enquanto a subunidade B se liga aos receptores nas plaquetas. Essa ligação inibe a agregação das plaquetas, reduzindo a formação de coágulos sanguíneos. Esse mecanismo torna a crotoxina um agente potencialmente útil na prevenção de trombozes e acidentes vasculares cerebrais (SOARES, 2010). De acordo com a figura 5 vemos uma imagem ilustrativa da cobra cascavel.

FIGURA 5 – Cobra cascavel (*Crotalus durissus terrificus*)



Fonte: JUSTICA, CLIMA E AMAZONIA, 2020

A composição do veneno dessa serpente é rica em enzimas, proteínas e peptídeos que podem impactar a coagulação sanguínea e a função vascular. Entre os principais componentes estão as fosfolípidos, que afetam as membranas celulares e podem estar envolvidas em processos inflamatórios; as metaloproteinases, que degradam proteínas da matriz extracelular e influenciam a cicatrização; e neurotoxina, que, embora menos relevantes para AVCs, afetam a transmissão

neuromuscular (SOARES, 2010). A proteína crotoxina, está presente em 60% do seu veneno, possui propriedades anticoagulantes, o que pode ajudar a prevenir a formação de coágulos que resultam em AVC isquêmico. O AVC isquêmico é um tipo de acidente vascular cerebral que ocorre quando o fluxo sanguíneo para uma parte do cérebro é interrompido ou reduzido, o que impede que o tecido cerebral receba oxigênio e nutrientes adequados. Essa interrupção pode levar à morte das células cerebrais nessa área, causando danos ao cérebro e resultando em déficits neurológicos. Além disso, alguns componentes do veneno possuem propriedades anti-inflamatórias. Isto abre portas ao desenvolvimento de novos tratamentos para doenças inflamatórias crônicas que aproveitem os mecanismos naturais utilizados por estas substâncias. A pesquisa sobre esses peptídeos pode levar a terapias inovadoras que imitem os benefícios das toxinas (SOARES, 2010). Outra característica interessante é a capacidade das toxinas de facilitar o desenvolvimento de novos materiais. Peptídeos bioativos encontrados no veneno podem ser usados para criar produtos compatíveis com o tecido humano. Isto é muito importante na medicina de reabilitação, que poderia beneficiar de tais implantes (SOARES, 2010).

6.3. Mecanismos de Ação do veneno da cobra cascavel (*Crotalus Durissus*) segundo (SOARES,2010)

Proteínas e peptídeos presentes no veneno podem induzir apoptose (morte celular programada) em células cancerígenas. Isso ocorre através da interferência em processos celulares essenciais, levando as células tumorais a pararem de se multiplicar.

O veneno também pode ajudar a ativar o sistema imunológico ao aumentar a produção de citocinas, que são moléculas sinalizadoras que regulam a resposta imune. Isso pode resultar em um aumento na capacidade do corpo de reconhecer e atacar células cancerosas.

Pesquisadores estão isolando componentes específicos do veneno para desenvolver novos fármacos que possam ser utilizados em terapias direcionadas contra o câncer.

Esses fármacos têm o potencial de serem menos tóxicos para células saudáveis em comparação com tratamentos tradicionais.

8. Considerações finais

A biomimética se revela uma abordagem promissora para enfrentar desafios contemporâneos, utilizando soluções que a natureza já aperfeiçoou ao longo de milhões de anos.

Ao observar os sistemas biológicos, podemos desenvolver novos materiais, técnicas de construção mais eficientes e tratamentos médicos inovadores que respeitem os princípios da sustentabilidade.

Atualmente, já existem aplicações práticas que se beneficiam das características desses organismos.

Neste trabalho, exploramos a vespa *Polybia paulista* e a cobra cascavel, destacando suas características únicas e os potenciais usos na biomimética.

A vespa *Polybia paulista* com sua habilidade de construir ninhos complexos e sua composição de veneno o qual possui substâncias que são capazes de neutralizar as células cancerígenas e oferece lições valiosas sobre engenharia e materiais sustentáveis.

Por outro lado, a cobra cascavel, com seu veneno altamente eficaz e com capacidade de diminuir o número de trombos no organismo humano e mecanismos de defesa impressionantes que inspira inovações em áreas como medicina e tecnologia de segurança.

Por fim, é essencial incentivar a continuidade das pesquisas nesse campo fascinante. Os estudos sobre a vespa *Polybia paulista* e da cobra cascavel (*crotalus durissus*) não apenas ampliam nosso entendimento sobre a biodiversidade, mas também nos convidam a refletir sobre a importância da conservação dos ecossistemas que abrigam esses organismos. Ao valorizar as lições que a natureza nos ensina, podemos criar um futuro mais sustentável e inovador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Dayane S. Estudo da atividade lítica do peptídeo Polybia-Mp1 em membranas lipídicas contendo PS e domínio líquidos-ordenados. 2016. Disponível em: [link do artigo se houver]. Acesso em: 11 nov. 2024.
- ARRUDA, Amilton. Como a biônica e biomimética se relacionam com as estruturas naturais na busca de um novo modelo de pesquisa projetual. Brasil: UFPE, 2010. p. 1-9. Disponível em
- BENYUS, J. Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza. São Paulo: Cultrix, 1997.
- DE SOUZA, D. et al. Biomimética e Design: um estudo sobre a potencialização da criatividade para métodos de desenvolvimento de produtos inspirados na natureza. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7715780/mod_folder/content/0/Biomimetica_e_Design_um_estudo_sobre_a_p.pdf?forcedownload=1>. Acesso em: 31 ago. 2024.
- DESMET, S; SCOTTON, J. Speedo's Fastskin, 2007. Disponível em: <<https://www.viniscotton.net/main.htm>> Acessado em janeiro de 2024
- DETANICO, F. B.; TEIXEIRA, F. G.; SILVA, T. L. K. DA. A biomimética como método criativo para o projeto de produto. lume.ufrgs.br, 2010.
- FALÇONI JÚNIOR, Aldren Thomazini; SAVAZZINI-REIS, Bianca; ZORZANELLI, Bruna Anchieta de Carvalho; SADOVSKY, Carolina Izoton; CARLETTI, Ednéa Zandonadi Brambila. Imunoterapia: uma revisão sobre os novos horizontes no combate ao câncer. **Revista de Medicina**, São Paulo, Brasil, v. 99, n. 2, p. 148–155, 2020. DOI: [10.11606/issn.1679-9836.v99i2p148-155](https://doi.org/10.11606/issn.1679-9836.v99i2p148-155). Disponível em: <https://revistas.usp.br/revistadc/article/view/151941>.. Acesso em: 12 nov. 2024.
- INDUSTRIAL DESIGN. Definição de Biomimética, 2007. Industrial Design-Itália. Disponível em: <https://www.industrialdesign.altervista.org/3t07/langella/HibridDesignUP2.pdf>> Acessado em novembro de 2023.
- JORGE, Juliano José. *Imunoterapia no tratamento do câncer*. 2019. Disponível em: [<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2022/08/1381182/v3n2a06.pdf>] Acesso em: 11 nov. 2024.
- MANZOLI-PALMA, Maria de Fátima; GOBBI, Nívea. *Defesa da colônia na vespa social Polybia paulista (IHERING) (HYMENOPTERA: VESPIDAE)*. 1994. Disponível em: [http://www.seb.org.br/admin/files/anais2/ANO%201994%20VOLUME%2023%20N02/1994_V23_N2_A19.pdf]. Acesso em: 11 nov. 2024.
- MARQUES DE SÁ, A. A. et al. FERRAMENTAS DA BIOMIMÉTICA NO DESIGN: Aportes da natureza para a prática projetual. Biomimética, Universidade de Brasília, v. 1, ed. 1, p. 1-185, 2021. Disponível em: Scielo. Acesso em: 9 set. 2023

MEIRA, G. L. et al. A BIOMIMÉTICA UTILIZADA COMO FERRAMENTA ALTERNATIVA NA CRIAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS. *Biomimética*, UFSC, v. 4, p. 1-14, 9 abr. 2008. Disponível em: <https://ensur2008.paginas.ufsc.br/files/2015/09/A-biomim%C3%A9trica-utilizada.pdf>. Acesso em: 11 ago.

NATUREZA COMO INSPIRAÇÃO TECNOLÓGICA. 2021. Disponível em: [<https://www.minasbioconsultoria.com/post/natureza-como-inspira%C3%A7%C3%A3o-tecnol%C3%B3gica-j%C3%A1-ouviu-falar-em-biomim%C3%A9tica>]. Acesso em: 11 nov. 2024.

PEARCE, M. 2016. Disponível em: <https://www.mickpearce.com/>. Acesso em 22 out. 2024.
RICHARDS, O.W. 1978. *The social wasps of the Americas, excluding the Vespinae*. London, British Museum Natural History, 584p.

SOARES, T. de L. CARACTERIZAÇÃO das ações do veneno de *Crotalus durissus terrificus* sobre funções de neutrófilos: *Biomimética*. *Crotalus durissus: Biomimética*, São Paulo, ano 1, v. 1, n. 2, ed. 1, p. 1 - 40, 16 jun. 2010.

SUEIRO, Letícia Ruiz. *Comportamento da serpente Crotalus durissus Collinieatus Amaral*, 1926. 2005.