



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
BACHARELADO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

SAMARA ARAÚJO DE SOUZA LOPES

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE APLICAÇÃO DO BIOMIMETISMO PARA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

ANGICOS/RN

2022

SAMARA ARAÚJO DE SOUZA LOPES

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE APLICAÇÃO DO BIOMIMETISMO PARA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Leonardo Magalhães Xavier Silva

ANGICOS/RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

L864r Lopes, Samara Araújo de Souza.
 Revisão Bibliográfica sobre aplicação do
 biomimetismo para eficiência energética / Samara
 Araújo de Souza Lopes. - 2022.
 30 f. : il.

 Orientador: Leonardo Magalhães Xavier Silva.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2022.

 1. Bioinspiração. 2. Otimização energética. 3.
 Revisão. I. Silva, Leonardo Magalhães Xavier,
 orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

 Biblioteca Campus Angicos
 Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
 CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

SAMARA ARAÚJO DE SOUZA LOPES

**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE APLICAÇÃO DO BIOMIMETISMO PARA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 23 / 11 / 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Leonardo Magalhães Xavier Silva (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Maristélio da Cruz Costa (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. M.e Andrezza Cristina Da Silva B. Souza (UFERSA)
Membro Examinador

A Deus

Minha mãe:

Sandra Araújo

Minha avó:

Irene Viana de Sousa Lopes

AGRADECIMENTOS

Queria mensurar tamanha gratidão a Deus, por ter me dado forças para não desistir nos momentos de agonia, pois muitas vezes me veio à cabeça.

A minha família, minha mãe Sandra Araújo, meus irmãos, Ana Cecília Araújo Lopes, Rian Lucas Araújo Lopes e Maria Sophia Araújo, todo meu esforço tem um propósito maior, e tudo se resume a eles.

Queria agradecer ao meu orientador, M.e Leonardo Magalhães Xavier Silva, por toda paciência no processo desse trabalho.

Queria também agradecer muito a meus amigos que me deram apoio e muitos puxões de orelha por todas as vezes que fraquejei em minha missão acadêmica.

Ainda por meus amigos, queria abrir um adendo a Lyzandra Maria Silva Dias e Claubelanya Souza de Araújo, minhas duas “pariceiras” que me deram muito apoio, não somente na minha vida acadêmica, como pessoal também. Muita gratidão pela nossa amizade.

Por fim, queria deixar um espaço para uma pessoa muito importante que está na minha vida desde quando éramos crianças brincando no meio da rua, Lízia Larissa da Silva Azevedo, todos esses anos sendo meu porto seguro em situações difíceis e mesmo de longe nunca deixou de estar presente na minha vida, gratidão por todos esses anos ao meu lado, te amo muito.

“A alma é a causa eficiente e o princípio organizador do corpo vivente. ”

Aristóteles

RESUMO

Atualmente é perceptível as consequências das mudanças climáticas decorrente das emissões de gases de efeito estufa, originados em grande parte como resultado da queima de combustíveis fósseis para atender a demanda energética. Sendo assim, buscando melhorias para tal acontecimento, pesquisadores vêm desenvolvendo projetos para aumento da eficiência energética, pelo potencial de redução das emissões de gases de efeitos estufa em decorrência do menor consumo de energia e consequentemente menor demanda por combustíveis fósseis. O biomimetismo vem abrangendo diversos assuntos relacionados ao quesito eficiência energética, sabemos que ele é usado para dar soluções em problemáticas trazendo a natureza como um marco na sua eficácia. Tido como uma ferramenta de qualidade, o biomimetismo vem como um design natural, onde serve de inspiração para diversos projetos, como edificações, reutilização das energias, processos químicos, dentre outros. O presente trabalho tem como objetivo trazer um dos diversos manejos em que o biomimetismo proporciona ao ser alocado a um projeto. Trazendo assim, melhorias construtivas para serem usadas em projetos futuros. Os resultados mostram como a aplicação do biomimetismo foi importante para esses projetos, fazendo com o que, mais pesquisadores possam utilizar dessa ferramenta tão importante para a natureza, fazendo com o que sua extração de energia limpa seja favorável para o planeta.

Palavras-chave: Bioinspiração. Otimização Energética. Revisão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Detalhamento da geometria da nadadeira da baleia jubarte.....	18
Figura 2: Modelo virtual da turbina de bulbo comum sem e com biomimetismo.....	19
Figura 3: Representação das placas fotovoltaicas sem e com biomimetismo.	21

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Comparação entre a utilização de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo em 2019.....	14
Gráfico 2: Eficiência energética média para cada tratamento em cada dia.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo geral.....	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	16
2.2 BIOMIMETISMO	16
2.3 APLICAÇÃO DO BIOMIMETISMO.....	17
2.3.1 Dinâmica de fluidos computacional para análise de escoamento em turbinas tipo bulbo modificadas pelo uso do biomimetismo.	17
2.3.2 Biomimetismo do paraheliotropismo foliar no estudo de produção de energia elétrica em placas fotovoltaicas	19
2.3.3 Estrutura e construção sustentável.....	22
3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 TEIXEIRA (2018)	25
4.2 BONFIGLIOLI (2017)	26
4.3 (SILVA <i>ET AL.</i> ,2011).....	26
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Um assunto bem preocupante atualmente em todo o planeta são as mudanças climáticas das emissões antrópicas dos gases do efeito estufa (GEE).

Em 2015, de acordo com o escritório britânico de meteorologia. Met Office, a temperatura da superfície da terra chegou a medir mais de 1°C em relação a temperatura do início da revolução industrial, a cada ano, os recordes de calor são superados (CARBON, 2017).

Uma comparação entre a revolução industrial e o mundo atual em questões climáticas, podendo ainda mencionar a liberação dos gases, nessa parte da história, como foi o começo do surgimento das máquinas para as indústrias com o uso de combustíveis fósseis, a queima deles foi responsável por boa parte da emissão dos GEE.

Nos tempos atuais, tendo em vista a evolução das fábricas e o avanço das tecnologias, podemos perceber em grande escala, o aumento da emissão dos gases, principalmente em grandes metrópoles. O principal gás emitido é o dióxido de carbono (CO₂).

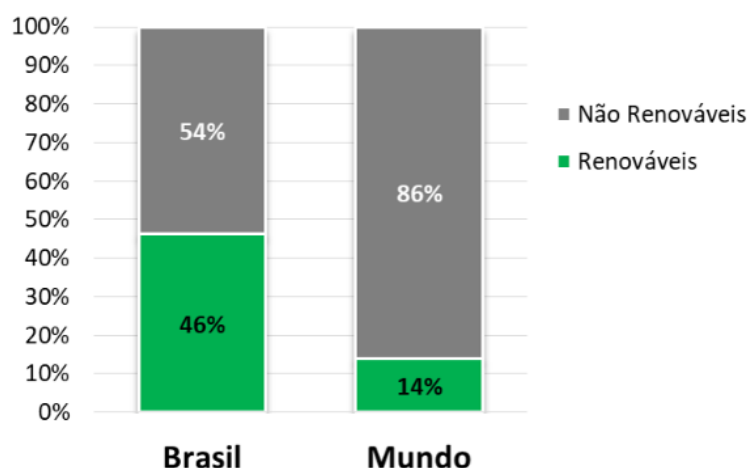
As consequências do aquecimento global podem impactar a sociedade de diversas formas, trazendo sérios prejuízos à sociedade. Como podemos perceber, embora adotar medidas para reduzir as emissões dos gases de efeito estufa demandem gastos, lidar com os efeitos do aumento da temperatura pode sair ainda mais caro (CARBON, 2017).

A matriz energética do Brasil é muito diferente da mundial. Por aqui, apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o de renováveis, usamos mais fontes renováveis que no resto do mundo (ENERGETICA, 2022).

Um dos avanços mais importantes na questão ambiental, é a relação da eficiência energética. Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores de energias renováveis. Não tão diferente das outras grandes potências mundiais, como Japão e Estados Unidos .

No gráfico 1, trazemos um comparativo entre o Brasil e o mundo em relação às fontes de energias renováveis, e percebemos o quanto esse país está em vantagem em relação a média mundial quanto a utilização de fontes não renováveis para geração de energia elétrica.

Gráfico 1- Comparação entre a utilização de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo em 2019



Fonte: (ENERGETICA, 2022)

Como sabemos que as fontes de energia não renováveis são os maiores fatores para emissão de gases (GEE), o Brasil é o país que menos emite esses tipos de gases por usarmos fontes renováveis.

Os Estados Unidos atingiram um marco histórico no setor de energia. Após 134 anos de reinado do carvão como a principal fonte energética, as energias renováveis se tornaram as mais consumidas pelos americanos, no ano passado. A conta leva em consideração todas as modalidades de geração limpa, como eólica, solar e hidrelétrica (ENERCONS, 2020).

Em 2019, o consumo de renováveis bateu a marca de 11,5 quatrilhões de BTUs, medida padrão de consumo. A eletricidade proveniente do carvão apresentou o sexto ano seguido de queda, encerrando o ano com um consumo de 11,3 quatrilhões, de acordo com EIA, agência federal americana responsável por coletar e analisar estatísticas sobre energia (ENERCONS, 2020).

Em outro marco histórico, a energia eólica ultrapassou a hidrelétrica como a principal fonte limpa nos Estados Unidos. O crescimento das renováveis se deve quase inteiramente ao avanço das energias provenientes do sol e do vento (ENERCONS, 2020).

Os Estados Unidos desenvolveram projetos renováveis que perpetuaram pelo país até os dias de hoje, fazendo com o que sejam uma das potências com mais avanços e investimentos nesse ramo.

O Japão é dependente, na quase totalidade, das importações de recursos energéticos. Desde as crises do petróleo da década de 1970, o país busca melhorar sua eficiência energética, mediante esforços conjuntos do Governo e da Livre Iniciativa. Como resultado, hoje o Japão acumula um manancial de tecnologias de economia de energia, que o colocam no mais alto padrão mundial (WATANABE, 2013).

O consumo de energia do Japão diminuiu 8% entre 2011 e 2018, mesmo período em que a economia japonesa registrou a mesma taxa de crescimento. Por trás do fenômeno está o *setsuden*, que começou como um movimento civil para encorajar a população a conservar energia durante o verão imediatamente após o terrível acidente de Fukushima em 2011 (SCHWYTER, 2021).

A ideia era evitar blecautes e, combinado a medidas governamentais voltadas às empresas, o *setsuden* acabou se tornando uma referência global de enorme sucesso em eficiência energética. No Japão, o *setsuden* fez tanto sucesso que, mesmo após seu término, em 2015, os consumidores mantiveram os esforços para reduzir a demanda em geral e gerenciar o consumo de pico do sistema (SCHWYTER, 2021).

A União Europeia tem em mãos projetos ainda não consolidados para uma energia limpa, com produtos de concepção ecológica, mas, para isso, teria que existir um grande investimento para que isso pudesse ser levado adiante.

Diante de alguns acontecimentos que vemos por todo o mundo, um que chama muito a atenção atualmente, são técnicas usadas para fins lucrativos e ecológicos. O biomimetismo está muito presente em situações que antigamente, não teríamos como imaginar que sua funcionalidade teria tanto sucesso.

A ciência Biomimética (de *bios*, significando vida, e *mimesis*, significando imitação) é constituída por um método inovador que visa soluções sustentáveis seguindo o exemplo da natureza, na qual se utiliza de padrões e estratégias de sobrevivência dos sistemas biológicos. O objetivo deste método é criar produtos, processos e políticas de desenvolvimento sustentável inspirados nos modos de vida que estão bem adaptados à vida na terra durante o longo período de evolução dos seres vivos (ALVES, 2021).

O biomimetismo conecta muita coisa ao seu redor, fazendo com o que exista inovação em seu meio, sendo assim, ele fornece centenas de ideias que nós podemos utilizar na natureza. O biomimetismo se complementa para a criação de projetos, produtos e soluções.

Ele se aplica em tecnologias, engenharias, produção de energia limpa e renovável e esportes de alto rendimento.

O meio ambiente tem apresentado no cotidiano sinais de que se encontra próximo ao seu limiar. Por isso atitudes em relação as mudanças climáticas precisam ser tomadas de maneira urgente no sentido de reduzir as emissões de gases geradores de efeito estufa (RESIDUO, 2018). Nesse sentido, a proposta desse trabalho é apresentar alternativas nessa direção a partir de ganhos de eficiência energética conquistados através do biomimetismo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 **Objetivo geral**

O objetivo é que através das revisões, o biomimetismo apresente uma forma prática de desenvolver melhorias nos processos, nas tecnologias atuais e em desenvolvimento no sentido de aprimorar a eficiência energética.

1.1.2 **Objetivos específicos**

- Realizar uma análise geral do conceito de biomimetismo;
- Encontrar exemplos de biomimetismo que possam contribuir para a eficiência energética.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Segundo Martin (2013) embora a energia hidrelétrica ainda esteja emergindo como um importante motor de energia no Brasil, é uma combinação de fatores desafiadores leva o governo a tentar aumentar o uso de recursos alternativas energéticas.

A eficiência energética consiste na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

Muitos países estão lutando para atender à crescente demanda de energia de sua população, ao mesmo tempo em que fornecem os recursos energéticos para apoiar seu crescimento econômico tudo isso enquanto buscam realizar a redução das emissões de gases geradores de efeito estufa.

2.2 BIOMIMETISMO

Segundo Benyus (1997) existem três fatores que descrevem este novo campo de estudo:

1. Natureza como o modelo. Estuda dos modelos da natureza e imita-os ou usa-os como inspiração para os designs/processos, com o intuito de resolver os problemas humanos;
2. Natureza como uma medida. Uso o padrão ecológico para julgar a relevância das nossas inovações.
3. Natureza como um mentor. Nova forma de observar e avaliar a natureza. Introduz um período baseado, não no que podemos extrair do mundo natural, mas no que podemos aprender dele.

Segundo Podborschi et al. (2005), o biomimetismo é a ciência que estuda os princípios básicos da natureza (construtivos, tecnológicos, de formas, etc.) e a aplicação destes princípios e processo na procura de soluções para os problemas que a humanidade encontra.

A partir de observações do mundo natural, surgiu o termo biomimetismo ,campo da ciência que estuda as estruturas biológicas e suas funções, buscando aprender com a natureza suas estratégias e soluções para aplicar esse conhecimento para resolver problemas.

O biomimetismo está cada vez mais ligada à sustentabilidade, com muitas de suas inovações visando substituir métodos degradados métodos menos prejudiciais a natureza, principal inspiração dele.

A grande pioneira da descoberta do biomimetismo Janine Benyus reflete que para conseguirmos resolver desafios ligados à sociedade, devemos “aprender” através da natureza,

criando produtos e processos mais sustentáveis para salvar e curar o planeta, através da descoberta do biomimetismo (Benyus 1997).

Segundo Barretos (2019) a biomimética é a ciência que estuda os princípios e estratégias de criação da natureza com o objetivo de criar soluções para os problemas humanos atuais, aliando funcionalidade, estética e sustentabilidade.

“A natureza não cria nada que gere um problema *ad aeternum*. Quando acaba o ciclo de vida de um organismo, ele se transforma em matéria-prima. Até um animal peçonhento como uma cobra-coral ou um escorpião letal se transformam em matéria-prima, diferentemente de uma pilha ou de uma bateria de lítio” (ZANON, 2020).

Segundo Benyus (2008) retrata que no biomimetismo, a natureza é encarada como um design, onde seus processos e sistemas são usados como inspiração para invenções, sendo assim, uma área de uso para ciência como objetivo de estudos para estruturas biológicas, procurando aprender com a natureza o melhor meio para dominar esse conhecimento.

2.3 APLICAÇÃO DO BIOMIMETISMO

2.3.1 Dinâmica de fluidos computacional para análise de escoamento em turbinas tipo bulbo modificadas pelo uso do biomimetismo.

Para a sociedade contemporânea, a energia é essencial para realizar tarefas simples de produção diária nas indústrias, comércio, transportes e vários outros setores econômicos, por isso está associada ao desenvolvimento e prosperidade de uma sociedade.

Outro fator preocupante é a escassez desses combustíveis fósseis, que não são renováveis e têm disponibilidade limitada. Com base nessas inquietações, é crescente a busca por fontes de produção de energia que sejam renováveis e tenham um impacto ambiental muito menor em comparação com a produção de energia de fontes não renováveis.

Um dos principais desafios para pesquisadores e engenheiros que pesquisam e desenvolvem projetos na área de fenômenos de transportes trata do escoamento turbulento que ocorre em diversas áreas industriais, como o desenvolvimento de turbinas hidráulicas.

Em projetos de engenharia existem três principais tipos de métodos de solução de problemas disponíveis aos engenheiros: analíticos, numéricos e experimentais. Os métodos experimentais têm como principais características: trabalharem em tempo real, sua alta confiabilidade, empregarem aparelhos de medição para mensurarem os parâmetros de interesse, como sensores, e conseguirem alterar a natureza do escoamento a partir da aplicação de sensores ou uso de partículas de contraste (TEIXEIRA, 2018).

Na figura 1, mostra a nadadeira de uma baleia jubarte que serviu com o inspiração para uma aplicação de biomimetismo para aumento da eficiência de um rotor de turbina.

Figura 1: Detalhamento da geometria da nadadeira da baleia jubarte.

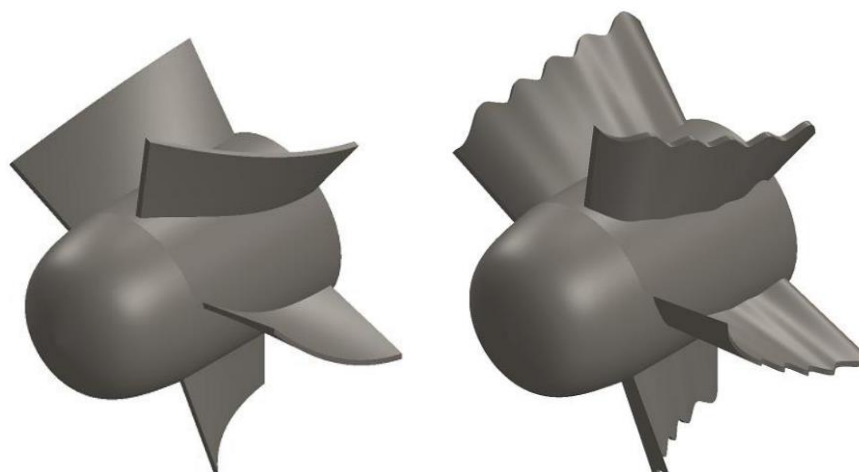


Fonte: (TEIXEIRA, 2018).

Segundo Teixeira (2018) a geometria das pás do rotor da turbina em forma de bulbo biônico é projetada ao enrolar as pontas para imitar a forma de uma barbatana de baleia jubarte. A modelagem matemática dessas ondulações não foi aprofundada devido à falta de estudos anteriores utilizando a biônica aplicada à geometria de barbatanas jubarte em turbinas hidráulicas.

Na figura 2, é mostrado a diferença entre a turbina normal e a figura ao lado com a aplicação do biomimetismo.

Figura 2: Modelo virtual da turbina de bulbo comum sem e com biomimetismo



Fonte: (TEIXEIRA, 2018).

A análise proposta foi criada mediante a turbina bulbo, onde foi modificada as laterais com ondulações semelhantes as nadadeiras da baleia jubarte. Diante disto, analisam-se os presentes rendimentos previsto nos ganhos aerodinâmicos.

A construção das ondulações na borda das pás da turbina hidráulica com biomimetismo, por ser um trabalho sem predecessores, foi realizada sem aplicação de métodos matemáticos avançados (TEIXEIRA, 2018).

Segundo o artigo supracitado, evidenciou-se a partir de simulações computacionais que a mesma turbina passa possuir uma maior potência transferida na forma de torque com as alterações de projeto realizadas através do biomimetismo. Tornando esse projeto mais eficiente a partir das modificações inspiradas na nadadeira das baleias (TEIXEIRA,2018).

Foi notado que a potência de entrada de escoamento das turbinas, depois da aplicação do biomimetismo, que quanto maior for a potência, mais eficiente seria o projeto.

2.3.2 Biomimetismo do paraheliotropismo foliar no estudo de produção de energia elétrica em placas fotovoltaicas

Em sistemas biológicos vegetais, como as plantas superiores, a luz solar fornece a energia necessária para a fotossíntese e crescimento das plantas, e estes processos variam em

resposta à intensidade da luz incidente nas folhas (WALTERS, 2005), já que as mesmas são os órgãos especializados na captação e processamento da luz (LAWLOR, 2001).

A distribuição das folhas na copa das plantas pode causar mudanças na incidência de luz e consequente alteração nas respostas fotossintéticas (LONG et al. 2006). Portanto, uma arquitetura de copa que proporcione melhor distribuição das folhas, em ângulos e posicionamentos distintos poderia melhorar a captação de luz (LONG et al. 2006).

Para Darwin (1898) existia um fenômeno no qual as folhas de certas plantas se movem de acordo com a posição dos raios solares, que era conhecido como heliotropismo, como também, se um órgão foliar se move de forma a permanecer perpendicular aos raios solares, é chamado de diaheliotropismo, e quando segue uma direção paralela aos raios solares, é chamado de paraheliotropismo.

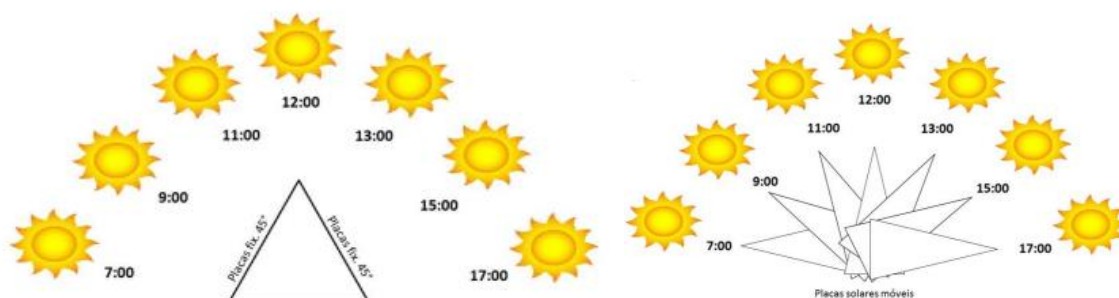
Assim, uma interpretação é que a captura de luz reduzida e o aquecimento reduzido das folhas devido ao paraheliotropismo resulta em maior eficiência fotoquímica - fotoprocessamento de cloroplastos - em folhas paraheliotrópicas do que diheliotrópicas.

Além disso, as folhas verticais reduzem o autossombreamento causado pelas folhas horizontais, permitindo que mais luz atinja a parte inferior do dossel, o que melhora a distribuição da radiação dentro da planta.

Outra interpretação é que as folhas paraheliotrópicas ou estandes estáticos se beneficiam de uma maior probabilidade de luz durante o dia (norte, sul, leste e oeste), o que maximiza a eficiência fotossintética, e não porque a orientação das folhas reduz o superaquecimento e melhora a eficiência fotoquímica. Evitando danos fotooxidativos, essas duas visões podem depender de respostas biológicas específicas de cada espécie e condições de estudo.

Na figura 3, mostra a representação das placas fotovoltaicas nos ângulos de 45° e no paraheliotropismo do movimento solar diário.

Figura 3: Representação das placas fotovoltaicas sem e com biomimetismo.



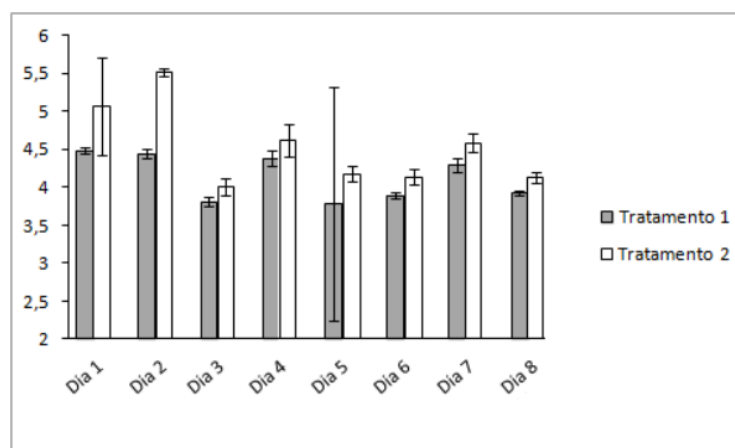
Fonte: (BONFIGLIOLI, 2017)

Com este tratamento, os resultados tornaram-se móveis e prosseguir o movimento diurno do sol, biomimética do paraheliotropismo da folha.

O movimento é espontâneo, mudando de acordo com a posição do sol aproximadamente a cada 15 minutos de medição. As mensurações de tensão foram feitas exatamente da mesma maneira, comparadas com outros tratamentos e comparadas com réplicas para evitar falsos replicações.

Desta forma, esta disposição de placas solares aumentaria a eficiência de conversão de luz por imitar a distribuição das folhas em uma planta. Porém, está incutido nesta estratégia das plantas a maior probabilidade de captação da luz (pelos diferentes ângulos e posicionamentos foliares) ou reduzido superaquecimento das folhas (BONFIGLIOLI, 2017).

Gráfico 2: Eficiência energética média para cada tratamento em cada dia.



Fonte: (Bonfiglioli, 2017)

Pelo gráfico 2, observa-se um aumento na eficiência energética do tratamento 2 (placas solares móveis) em todos os dias, com uma diferença significativa no dia 1 e no dia 2, também percebemos erros no desvio padrão do dia 1 e dia 5, tendo em vista os resultados das coletas de dados zerados nesses dois dias em alguns momentos da coleta (BONFIGLIOLI, 2017).

2.3.3 Estrutura e construção sustentável

O Eastgate Center, na cidade de Hare, no Zimbábue, projeto de autoria do arquiteto Mick Pearce, em parceria com a ARUP engenharia, não possui um sistema convencional de ar condicionado ou aquecimento, mas mesmo assim, mantém ao longo de todo o ano sua temperatura regulada com uma economia dramática no consumo de eletricidade, tudo graças a um design que seguiu os princípios da biomimética. (SILVA al et, 2011)

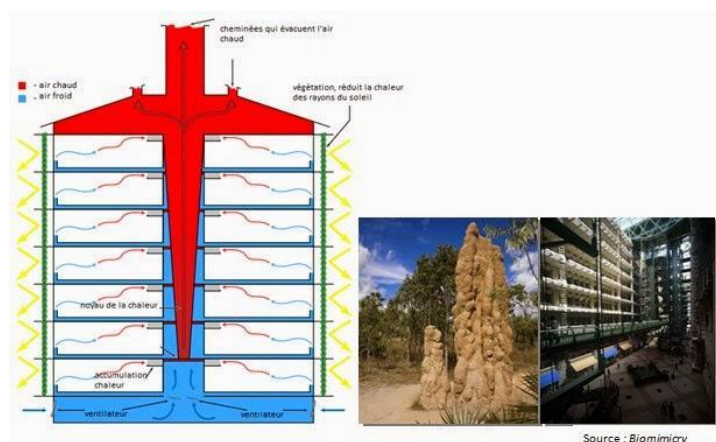
O Eastgate Center, no Zimbábue, cuja estrutura é predominantemente de concreto, funciona de forma similar. (SILVA al et, 2011)

A ventilação que entra na edificação é resfriada ou aquecida, dependendo de qual é mais quente, o ar ou o concreto da própria edificação.

Essa ventilação é canalizada para os escritórios ou para o próprio Shopping Center, antes de sair pelo sistema de exaustão natural. Trata-se de um conjunto que engloba duas edificações separadas por um espaço aberto, com iluminação zenital e aberto à ventilação. (SILVA al et, 2011)

O prédio ainda não tem ar-condicionado. Mas pode manter uma temperatura interna naturalmente fria. Com um sistema de ventilação inspirado no sistema de auto resfriamento encontrado nas colinas de *Macrotermes Subhylinus*.

Figura 4- Detalhe do espaço aberto no Eastgate que também imita o sistema do cupinzeiro para regulação da temperatura local.



Fonte: (MEIO INFO, 2022)

Os cupins, neste caso, os do sul da África (Namíbia e Zimbábue), constroem montes imensos onde cultivam fungos (sua fonte principal de alimento). Esses fungos devem ser mantidos a exatos 30,55°C – e a temperatura externa varia extremamente, indo de 1,6°C durante a noite, a 40°C durante o dia. Porém, esses cupins conseguem estabilizar a temperatura através de um sistema complexo que está constantemente abrindo e fechando uma rede de túneis de ventilação – para aquecimento ou resfriamento. (MEIO INFO, 2022)

Com um sistema de correntes de convecção cuidadosamente ajustado, os cupinzeiros sugam o ar através da parte inferior dos montes, levando-o a galerias inferiores com paredes úmidas, para em seguida subir por um túnel, direto ao topo. Os cupins estão conaatamente cavando novos túneis e fechando antigos, de forma a regular a temperatura (MEIO INFO, 2022).

“Este estudo é único em sua abordagem interdisciplinar, trazendo expertise em engenharia de construção, simulação, engenharia de processos, física fisiologia, ecologia e história natural. Ele procura entender como os edifícios podem ter seus ambientes personalizadas para aplicações que vão desde habitações residenciais, implementáveis, edifícios para o espaço, todos autossustentáveis. E, a julgar pelo que temos encontrado até agora, este projeto poderá ajudar-nos a desenvolver algumas das técnicas de construção mais empolgantes de sempre.” (WOLFSON, 1995)

Essa estrutura também prevê melhorar a circulação de ar, redução de ar-condicionado, de materiais renováveis, dos gases atmosféricos, diminuição de doenças biológicas entre outros benefícios (SILVA al et, 2011).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

De acordo com Patah (2022), a pesquisa exploratória se encaixa no seguinte trabalho, pois, o objetivo é a análise dos materiais propostos e a realização de pesquisas bibliográficas.

Diante de pesquisas com ênfase qualitativas, foi proposto trazer a importância da aplicação do biomimetismo, para minimizar os processos de extração das energias renováveis. Com o uso dos materiais proposto para o seguinte trabalho.

A pesquisa qualitativa é a pesquisa que examina os aspectos subjetivos dos fenômenos sociais e do comportamento humano. Os objetos da pesquisa qualitativa são fenômenos que ocorrem em um tempo, lugar e cultura específicos.

Assim, foram feitas buscas em artigos, sites, na plataforma Google Acadêmico. Usando palavras que tinham mais facilidades de encontrar materiais disponíveis como “Biomimetismo”, “Energias renováveis”.

Diante disso, foi começado o planejamento do estudo, as referências a serem pesquisadas, e o levantamento das informações para sempre apresentadas aqui.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Algumas obras foram escolhidas para fornecer referências para projetos e intervenções que servirão de base para atingir o objetivo deste trabalho.

Ao analisar o material, percebe-se que os autores têm pontos importantes para serem destacados ao longo do trabalho.

4.1 TEIXEIRA (2018)

Título: DINÂMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE ESCOAMENTO EM TURBINAS TIPO BULBO MODIFICADAS PELO USO DO BIOMIMETISMO.

Autor: Gustavo De Almeida Rodrigues Teixeira.

Ano de publicação: 2018.

O autor traz diante de pesquisas e desenvolvimento modelagem matemática, para calcular a o escoamento dos fluidos causado pelas turbinas.

As equações fundamentais do movimento são expressões matemáticas das leis de conservação do momento e da massa. Para a elaboração dessas equações, é considerado um volume finito arbitrário, denominado volume de controle, sobre o qual os princípios das equações de Navier-Stokes possam ser aplicados (TEIXEIRA, 2018).

Diante disto, o autor retrata em como o projeto pode ser aproveitado futuramente sobre os processos em questão que não podem ser desenvolvidos durante o seu trabalho.

Por fim, depois de ter analisado e feitos reparos durante o processo de desenvolvimento, o autor retrata: “Por meio das simulações computacionais realizadas com o uso do software Ansys Fluent®, pode-se observar que a turbina com biomimetismo apresenta velocidade na superfície da turbina maior do que na turbina sem biomimetismo” (TEIXEIRA, 2018).

Uma das melhorias resultantes no projeto é que a turbina com biomimética apresentou maior variabilidade de velocidade na superfície da turbina e menor velocidade média de saída em comparação com a turbina sem biomimética.

Com base no fato de que a velocidade da superfície da turbina é diretamente proporcional ao torque e, portanto, à potência do eixo, uma indicação preliminar do aumento na eficiência de uma turbina com biomimético em comparação com uma turbina sem biomimético.

4.2 BONFIGLIOLI (2017)

Título: BIOMIMETISMO DO PARAHELIOTROPISMO FOLIAR NO ESTUDO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PLACAS FOTOVOLTAICAS

Autor: Fernando Cezar Marrara Bonfiglioli

Ano de publicação: 2017.

O autor trouxe um resumo sobre o que seria o paraheliotropismo e sua diferença entre o heliotropismo sempre destacado durante todo o processo do seu trabalho.

Observa-se também, em como o biomimetismo trouxe melhorias e ideias para o desenvolvimento do projeto, fazendo com que, as melhorias fossem destacadas.

Diante disto, o estudo mostrou que painéis solares dispostos de forma a imitar folhas paraheliotrópicas, ou seja, seguindo o movimento diário do sol reduzindo o ângulo de incidência da luz, melhora a eficiência energética em comparação com painéis estáticos a 5 graus.

Mas, às vezes, esse aumento foi insignificante ou de importância moderada. Assim, não podemos afirmar que a mobilidade dos painéis solares é essencial para melhorar sua eficiência, um estudo mais abrangente com dados amostrais maiores seria necessário para confirmar nossa hipótese.

Dessa forma, o primeiro (discos verticais de rastreamento solar) seria apresentado como uma biomimética do paraheliotropismo, enquanto os discos solares fixos representam discos estacionários que captam a luz em uma posição diaheliotrópica.

4.3 (SILVA ET AL.,2011)

Título: ESTRUTURA E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Autor: Ana Carolina Bitar Silva; Bruno Silva Assis ; Erick Guimarães Silva ; Kamala Karine Darc ; Kelly A. Ferreira de Faria ; Otorino Otaviano Neto ; Sérgio Oliveira Martins Lage ;

Ano de publicação: 2011.

Os autores trouxeram no artigo um destaque importante em como o biomimetismo pode abranger muito a área de construção civil.

Por meio das pesquisas realizadas, foi possível analisar a ressalva de como o biomimetismo é de suma importância para que haja melhorias em projetos propostos.

Os princípios da Biomimética implementados no Eastgate Center fizeram com que todo o edifício consumisse surpreendentemente 10% menos energia do que um edifício convencional da mesma escala. Além do progresso ecológico, essa economia resulta em aluguéis 20%

menores do que os edifícios tradicionais do entorno, além, é claro, do conforto de todo o clima para seus habitantes.

Pode-se dizer que o Eastgate Center é um importante exemplo de uso eficiente de energia com base em uma estratégia natural, e é certamente uma fonte de inspiração para futuros edifícios coeficientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o objetivo proposto pelo trabalho, foi de suma importância destacar em como é importante aprimorar o assunto sobre o biomimetismo, pois é pouco conhecido por pesquisadores.

Ainda assim, apresentando dificuldades sobre como desenvolver situações em que sua aplicação seja de modo flexível para os projetos.

O biomimetismo é uma porta de entrada para que nos próximos anos surjam mais projetos atuais em que ele se encaixa para resolução de problemas, fazendo com que a extração de energias renováveis seja mais qualificada para o uso.

Durante a implementação deste projeto, foi possível promover a multidisciplinaridade em departamentos científicos.

Sendo assim, estudos desse tipo são importantes sob um ponto de vista geral, pois possibilitam um melhor entendimento das respostas sobre o assunto em questão também trazendo essa ligação com a eficiência energética.

Percebe-se como a bibliografia brasileira tem uma carência em projetos com essa finalidade, pois sabemos que o Brasil é um dos maiores produtores de energia renovável e o quanto isso seria viável para projetos nacionais nesse porte, ajudando ainda mais a ter uma eficiência energética limpa.

REFERÊNCIAS

ALVES, Daniel. REDESIGN DE FERRAMENTAS MANUAIS PARA O CULTIVO AGRÍCOLA A PARTIR DO MÉTODO BIOMIMÉTICO. **REDESIGN DE FERRAMENTAS MANUAIS PARA O CULTIVO AGRÍCOLA A PARTIR DO MÉTODO BIOMIMÉTICO**, [s. l.], 2021.

ANEVAY APPAREL BRASIL, Greenco. **BIOMIMETISMO: A ARTE DE COLOCAR AS LIÇÕES DA NATUREZA EM PRÁTICA!**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://usegreenco.com.br/blogs/pense-mais-verde/biomimetismo-a-arte-de-colocar-as-licoesda-natureza-em-pratica>. Acesso em: 12 out. 2022.

ARENA, C.; VITALE, L.; DE SANTO, A.V. Paraheliotropism in Robinia pseudocacia L.: an efficient strategy to optimise photosynthetic performance under natural environmental conditions. *Plant Biology*, v.10, p.194-201, 2008.

BIOMIMÉTICA: o que a natureza tem a nos ensinar?. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://meuresiduo.com/geral/biomimetica-o-que-a-natureza-tem-a-nos-ensinar/>. Acesso em: 22 set. 2022.

BIOMIMÉTICA: tecnologia inspirada na natureza avança no Brasil. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/2020/03/biomimetica-tecnologia-inspirada-na-natureza-avanca-no-brasil/>. Acesso em: 12 out. 2022.

BIOMIMETISMO: se inspirando na vida para encontrar soluções. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/biomimetismo-se-inspirando-na-vida-para-encontrar-tonial-neves/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 12 out. 2022.

BONFIGLIOLI, Fernando Cezar Marrara. **BIOMIMETISMO DO PARAHELIOTROPISMO FOLIAR NO ESTUDO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PLACAS FOTOVOLTAICAS**. 2017. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.

COSTA , Thiago S. **DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE TEMPERATURA EM UM ALTO FALANTE UTILIZANDO UM MÉTODO NUMÉRICO COM AUXÍLIO COMPUTACIONAL**. 2013. 49 f. Trabalho de

conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecatrônica) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, [S. l.], 2013.

ENERGÉTICA, Empresa de Pesquisa. **Matriz Energética e Elétrica**. [S. l.], 2022.

Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica#:~:text=A%20matriz%20el%C3%A9trica%20brasileira%20%C3%A9,em%20sua%20maior%20parte%2C%20renov%C3%A1vel>. Acesso em: 22 set. 2022.

GASPAR, Marília. **Arquitetura biomimética: o que é, vantagens e aplicações**. [S. l.], 10 fev. 2021. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/arquitetura-biomimetica/>. Acesso em: 12 out. 2022.

MARTIN, Caroline. Eficiência energética. **O Papel**, p. 7, 12 set. 2013.

NA EUROPA, só a eficiência energética nos levará através de futuros invernos. [S. l.], 2022.

Disponível em: <https://www.publico.pt/2022/07/19/azul/opiniaio/europa-so-eficiencia-energetica-levara-atraves-futuros-invernos-2014149>. Acesso em: 12 out. 2022.

SCHWYTER, Anton. O que o Japão tem a nos ensinar sobre a crise elétrica. *In: O que o Japão tem a nos ensinar sobre a crise elétrica*. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.nexojornal.com.br/ensaio/2021/O-que-o-Jap%C3%A3o-tem-a-nos-ensinar-sobre-a-crise-el%C3%A9trica>. Acesso em: 15 set. 2022.

SILVA, Ana C. B.; ASSIS, Bruno S.; SILVA, Erick G.; DARC, Kamala K.; FARIA, Kelly A. F.; NETO, Otorino O.; LAGE, Sérgio O. M. SÉCULO XXI CUPINZEIRO: ESTRUTURA E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **E-XACTA**, Belo Horizonte - MG., p. 11, 13 out. 2010

.SP, PROCLIMA. **Gases do Efeito Estufa**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 15 set. 2022.

TEIXEIRA, G. **Dinâmica de fluidos computacional para análise de escoamento em turbinas tipo bulbo modificadas pelo uso do Biomimetismo**. 2018. Trabalho de conclusão de curso (Mestre em Engenharia Mecânica na área de Energia) - Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2018.

VERBETE Draft: o que é Biomimética. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.projetodraft.com/verbete-draft-o-que-e-biomimetica/>. Acesso em: 12 out. 2022

WATANABE, Y. Japão: potência mundial das tecnologias de eficiência energética. *In: Japão: potência mundial das tecnologias de eficiência energética*. [S. l.], 2013. Disponível em: <https://sucroenergetico.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/8-japao-potencia-mundial-das-tecnologias-de-eficie/>. Acesso em: 7 set. 2022.