

Física e sustentabilidade: contribuições desta ciência na preservação ambiental

Physics and sustainability: contributions from this science to environmental preservation

Anna Karollina Rosa de Vasconcelos

akrv@discente.ifpe.edu.br

Orientador: Joaci Galindo

joaci@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

O estudo examina as contribuições da Física diante dos grandes desafios ambientais contemporâneos, considerando diversas variáveis interdisciplinares, como Química, Biologia e Matemática. Utilizando uma bibliografia recente e histórica, o trabalho enfoca a sustentabilidade, integrando princípios metodológicos específicos. A fundamentação teórica fortalece o diálogo entre Física e meio ambiente, explorando diversas aplicações dos conceitos físicos na preservação ambiental. A Física, em particular, tem interesse nas mudanças climáticas, envolvendo pesquisas gerais ou até global, como a que concedeu a premiação do Nobel de Física em 2021. Além disso, o estudo também abordou os impactos negativos do uso descontrolado da energia, especialmente dos combustíveis fósseis, e explorou, sobretudo, a transferência de conceitos avançados da fusão nuclear para soluções tecnológicas, visando atender às demandas energéticas e ambientais globais. A metodologia adotada foi uma revisão de literatura qualitativa. Os resultados demonstraram, claramente, como a Física contribui para a preservação ambiental, potencializando a criação de sociedades mais sustentáveis. Portanto, foi possível abordar a temática em questão de modo a apresentar contribuições significativas ao presente estudo.

Palavras-chave: Física Sustentabilidade Mudanças climáticas

ABSTRACT

The study examines the contributions of physics in the face of major contemporary environmental challenges, considering various interdisciplinary variables such as chemistry, biology and mathematics. Using a recent and historical bibliography, the work focuses on sustainability, integrating specific methodological principles. The theoretical foundation strengthens the dialog between physics and the environment, exploring various applications of physical concepts in environmental preservation. Physics, in particular, has an interest in climate change, involving general or even global research, such as that which awarded the Nobel Prize for Physics in 2021. In addition, the study also addressed the negative impacts of the uncontrolled use of

energy, especially fossil fuels, and explored, above all, the transfer of advanced concepts from nuclear fusion to technological solutions, with a view to meeting global energy and environmental demands. The methodology adopted was a qualitative literature review. The results clearly showed how physics contributes to environmental preservation, boosting the creation of more sustainable societies. It was therefore possible to address the issue in question in such a way as to make significant contributions to this study.

Keywords: Physics Sustainability Climate change

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento relacionado às fontes de energia renováveis têm-se difundido cada vez mais e se tornado objeto de intensos debates, principalmente devido ao seu potencial e, sobretudo, por causar danos mínimos ao meio ambiente. No entanto, é importante perceber que o crescimento e as expectativas das chamadas "usinas renováveis", mesmo em grande escala, não garante que o potencial de energia renovável do planeta seja infinito. Devido ao crescente consumo de energia em todo o mundo, a busca por novas fontes de energia eficientes e de baixo impacto ambiental continua a crescer, em conformidade com (SILVA *et al.*, 2018).

Temáticas relacionadas à energia, meio ambiente e sustentabilidade têm sido foco de debates e discussões na sociedade contemporânea, conforme destacado por Goldemberg (2015). O conceito de desenvolvimento sustentável é amplamente aceito e se refere a atender às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades. Nesse contexto, a Educação Ambiental desempenha um papel fundamental ao permitir que os alunos estabeleçam conexões entre o que aprendem em sala de aula e a realidade em que vivem, promovendo uma aprendizagem significativa (SILVA *et al.*, 2018).

Ao longo da história da humanidade, o uso da energia provocou impactos socioambientais no planeta, especialmente após a Revolução Industrial e intensificados após a Segunda Guerra Mundial. É nesse cenário que o estudo da física emerge como um elemento transversal e transformador na educação ambiental, principalmente no período que vivenciamos, o da transição do milênio. Através do estudo de temas complexos, como a geração de energia sustentável em larga escala, conforme discutido por Silva e Carvalho (2006), a física se torna uma ferramenta essencial para compreender e enfrentar os desafios relacionados à questão energética e ao meio ambiente.

O Brasil, com seu notável desenvolvimento em energia renovável, tem se tornado terreno fértil para inúmeros debates e estudos sobre o tema. Nesse contexto, a fusão da física com a educação ambiental pode desempenhar um papel relevante. É importante notar que o termo "energia", quando usado no contexto da física, se refere à capacidade de realizar trabalho, mas essa definição não abrange toda a complexidade e as contribuições científicas deste conceito (GOMES *et al.*, 2006).

Este estudo propõe como problemática central o questionamento de como podemos efetivamente integrar o ensino de física com educação ambiental, dentro dos conceitos de desenvolvimento sustentável, considerando o uso crescente de fontes de energia renováveis em larga escala e da mitigação dos impactos sócio ambientais.

A integração da física como ferramenta transversal no ensino da educação ambiental pode promover uma compreensão mais profunda das complexidades das fontes de energia renováveis em larga escala, capacitando os alunos a abordar os desafios sociais e ambientais associados a essas fontes de energia de forma mais ecológica e sustentável (SAES, 2012).

Sendo assim, discute-se o objetivo principal deste artigo a partir da relação entre física e educação ambiental, com base em estudo bibliográfico de fontes de energias

renováveis em larga escala e envolvendo conceitos sustentáveis. Todavia, tratamos também de seguir alguns objetivos gerais, em especial o de analisar o conteúdo curricular vigente e suas conexões com física, energia e meio ambiente; e, ainda, o de desenvolver e implementar na estrutura educacional material didático que integre os conceitos de física às discussões sobre fontes de energia renováveis. Entendeu-se também de identificar obstáculos e oportunidades para a integração bem-sucedida da física e da educação ambiental no currículo escolar.

O avanço das tecnologias e a crescente demanda por energia têm gerado discussões intensas sobre fontes de energia renováveis. Com a preocupação ambiental em alta, essas fontes são vistas como alternativas promissoras para minimizar os impactos ambientais. No entanto, a sustentabilidade energética depende não só da tecnologia, mas também da educação e conscientização da população, destacando a importância da integração do ensino de física com a educação ambiental.

Fontes de energia renováveis, como solar, eólica, hidrelétrica e biomassa, são cruciais para um futuro sustentável. Elas oferecem uma alternativa aos combustíveis fósseis, reduzindo a emissão de gases de efeito estufa e outros poluentes. Conforme Silva et al. (2018), essas fontes, embora promissoras, não são infinitas e necessitam de gestão eficiente para atender à demanda global crescente.

O conceito de desenvolvimento sustentável, conforme Goldemberg (2015), é o de atender às necessidades do presente sem comprometer as futuras gerações. Isso inclui o uso responsável de recursos naturais e a promoção de tecnologias limpas. A educação ambiental desempenha um papel vital nesse processo, permitindo que os alunos compreendam a interconexão entre ciência, sociedade e meio ambiente (SILVA et al., 2018).

Historicamente, a utilização destes ativos energéticos, tem causado diversos impactos socioambientais, especialmente no pós Revolução Industrial. A física, como ciência, oferece ferramentas para compreender e mitigar esses impactos, analisando a eficiência energética e as consequências ambientais das diversas fontes de energia (Silva e Carvalho, 2006).

A educação ambiental visa conscientizar os estudantes sobre a importância da sustentabilidade e do uso responsável dos recursos naturais. Integrar a física a essa educação pode tornar o aprendizado mais significativo, conectando teorias físicas a problemas ambientais reais. Segundo Saes (2012), essa integração pode promover uma compreensão mais profunda das complexidades associadas às fontes de energia renováveis em larga escala.

A integração da física à educação ambiental enfrenta desafios como a resistência à mudança curricular e a escassez de material didático específico. No entanto, oferece oportunidades para desenvolver uma educação mais interdisciplinar e relevante. O Brasil, com seu crescente setor de energia renovável, apresenta um cenário ideal para implementar essas mudanças (GOMES et al., 2006).

Sendo assim, para uma integração bem-sucedida, faz-se necessário revisar o conteúdo curricular vigente, além de desenvolver material didático que interligue conceitos de física e de sustentabilidade, possibilitando capacitar professores para

abordar esses temas de forma interdisciplinar. A implementação de projetos e de atividades práticas, também pode facilitar essa integração, tornando o aprendizado mais dinâmico e aplicável à realidade dos alunos.

Este estudo pode ser fundamental em um contexto em que as questões ambientais e, claro, a transição para fontes de energia mais sustentáveis ganham cada vez mais interesse global.

A integração da física à educação ambiental pode fornecer uma base sólida para que os estudantes compreendam os desafios e as complexidades das fontes de energia renováveis em larga escala. Isso é essencial para capacitá-los a tomar decisões climáticas e contribuir para um futuro mais sustentável (ARAÚJO, 2012).

Portanto, foi possível entender que o Brasil tem experimentado um rápido crescimento no setor de energia renovável, tornando-se um cenário valioso para explorar essa integração. O estudo entende que poderá contribuir como sugestão ao aprimoramento da discussão sobre educação ambiental no país e da consequente promoção da formação cidadã mais consciente e engajada em questões energéticas e ambientais. Este estudo também pode servir de parâmetro para outras pesquisas, que tratem de relacionar disciplinas científicas e ambientais em seus currículos educacionais.

A integração da física com a educação ambiental torna-se essencial para capacitar os estudantes quanto à compreensão e enfrentamento dos desafios energéticos e ambientais de maneira sustentável. Ao promover educação interdisciplinar, nos deparamos com a formação de cidadãos mais conscientes e engajados, e, ainda, preparados para contribuir com uma estrutura sócio-econômica futura mais sustentável. Esse estudo busca contribuir com o aprimoramento e o debate da educação ambiental no Brasil, mas também servir apenas como referência básica, sem deixar de entender que estudos e/ou pesquisas mais abrangentes sejam tocadas e que proporcionem uma melhor adequação dos currículos educacionais visando integrar disciplinas científicas, que neste estudo é a física, com as ambientais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A física e o que conhecemos como sustentabilidade estão profundamente interligadas quando partimos do princípio de compreensão e de preservação dos recursos naturais do planeta. Também encontramos na física parte dos princípios fundamentais que possibilita entender muito do funcionamento do universo, indo do micro ao macrocosmo, incluindo as leis da termodinâmica, a conservação da energia e a mecânica quântica, por exemplo. Esses princípios são essenciais para entender os desafios ambientais que enfrentamos, como os da mudança climática e da escassez de recursos naturais (VEIGA, 2010).

A Física nos ensina que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. Isso implica que devemos ser responsáveis na forma como utilizamos os recursos naturais, garantindo que não os esgotemos e, portanto, que possamos mitigar o desperdício. Além disso, as leis da termodinâmica nos alertam sobre a importância da eficiência energética em todos os processos, desde a geração de energia até o transporte e a indústria (BARBOSA, 2015).

Ainda é possível creditar à física o papel relevante da compreensão das mudanças climáticas e de muito da dinâmica da Terra. O estudo das propriedades dos gases e do efeito estufa são facilmente explicados pela física e servem para explicar como as atividades humanas estão causando um incremento nas temperaturas em todas as regiões do globo terrestre. Essa compreensão, com base na ciência, tem sido essencial no desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação (BARANDAS, 2016).

A Física é uma ciência fundamental, que estuda a natureza e o comportamento da matéria e da energia. Ela é essencial para o desenvolvimento de tecnologias que nos permite viver de forma mais sustentável. Por exemplo, a física nos ajuda a entender como funciona a energia solar e eólica, que são fontes de energia renováveis e limpas. Também nos ajuda a desenvolver materiais mais eficientes, como os materiais isolantes, que ajudam a economizar energia.

Além disso, a física nos ajuda a entender os impactos das nossas atividades no meio ambiente. Por exemplo, nos permite modelar o efeito do aquecimento global e desenvolver estratégias para mitigá-lo. Sendo assim, não é uma ciência de cunho acadêmico abstrata. Ela é uma ferramenta essencial para abordar os desafios da sustentabilidade.

O estudo da física tem sido fundamental em diversas áreas de atuação dos seres humanos, e, nesse sentido, passa a ser, talvez, a mais abrangente das ciências naturais, mesmo que ainda preze pelo formalismo matemático. A física não deve resumir-se apenas às fórmulas e números, especificamente quanto às aferições relativas ao meio ambiente, entre outras. É necessário compreender, nesse sentido, que a diferença entre matemática e física existe nas formas de entender e explicar tudo que é relativo ao nosso ambiente planetário e/ou universo, como podemos inferir em (CONCEIÇÃO et al., 2016).

O uso da experimentação como estratégia de ensino na física tem sido defendido por diversos autores como uma fonte de aprendizado muito enriquecedora, onde há uma ampla gama de possibilidades de aplicação das atividades experimentais no ensino, que vão desde as atividades de verificação de modelos teóricos e de demonstração, geralmente associadas a uma abordagem tradicional de ensino, até a presença já significativa de formas relacionadas a uma visão construtivista de lecionar, representadas por atividades de observação e experimentação de natureza investigativa (ARAÚJO e ABIB, 2003).

A física, como ciência fundamental, ampliou significativamente o conhecimento humano ao estudar a natureza e tudo que a cerca. No contexto da sustentabilidade, esta ciência desempenha um papel crucial, indo além das fórmulas e números para fornecer uma compreensão profunda das interações entre a matéria, a energia e o meio ambiente. Ela nos capacita a desenvolver tecnologias mais eficientes e a exploração de fontes de energia renováveis, contribuindo assim para a mitigação de problemas ambientais, como o aquecimento global. A física não é apenas uma disciplina acadêmica abstrata; é uma ferramenta essencial para enfrentar os desafios da sustentabilidade e moldar um futuro mais responsável em relação ao meio ambiente.

Entretanto, a maioria dos professores não têm enfatizado as partes conceitual e experimental da física, onde seria possível tratar da questão ambiental, inclusive apresentando números relacionados com as concentrações de gases na atmosfera, por exemplo, e de variações na temperatura planetária, o que certamente já teríamos, sobretudo, os elementos teóricos que versam sobre gases e toda termodinâmica envolvida nestas questões.

Neste caso, o estudo da física pode contemplar o que vai além do estudo das equações matemáticas, como exposto anteriormente sob os aspectos da temática ambiental em aulas de física, onde também pode ser tratado sobre o uso acelerado dos recursos energéticos não renováveis, centrados nos combustíveis fósseis, e a possibilidade de alterar esta matriz energética extremamente poluente por outras de cunho menos agressivo ao meio ambiente, entendendo que nenhuma matriz energética de larga escala possa ser considerada não poluente. Portanto, há uma relação direta e inquestionável entre transformação energética e seus impactos sobre o meio ambiente (SILVA e CARVALHO, 2006; CONCEIÇÃO et al., 2016).

É possível perceber que o estudo sobre tecnologias energéticas de cunho sustentável, objeto de uma ampla discussão na atualidade, denotam a transição energética em curso e, certamente, representam a aplicação de conceitos físicos diretamente na prática, onde podemos mitigar os impactos ambientais causados nesse processo de transformação energética, e constitui uma oportunidade que surge para que os docentes de física possam trabalhar com estas novas competências, necessárias para que os estudantes saibam lidar e conhecer situações cotidianas onde os fenômenos físicos estão envolvidos e inseridos (SILVA et al., 2018).

No contexto atual, o estudo da física vai muito além das equações matemáticas tradicionais, entrando profundamente na esfera das questões ambientais. A preocupação com o uso acelerado de recursos energéticos não renováveis, como os combustíveis fósseis, e os impactos devastadores que eles têm sobre o meio ambiente levaram a uma reflexão crítica sobre a necessidade de uma transição energética.

Nesse sentido, a física desempenha um papel crucial para fornecer uma compreensão fundamental dos processos de transformação energética e seus impactos. A aplicação desses conceitos físicos na busca por tecnologias energéticas sustentáveis não apenas contribui para a mitigação dos danos ambientais, mas também oferece uma oportunidade valiosa para os educadores de física capacitarem seus alunos com competências essenciais para a compreensão e enfrentamento das complexas questões cotidianas relacionadas às questões físicas e ambientais. Assim, a educação em Física desempenha um papel relevante na formação de cidadãos conscientes e engajados na busca por soluções sustentáveis para os desafios energéticos e ambientais do século XXI.

A física e a sustentabilidade estão profundamente interligadas, pois ambas se fundamentam na compreensão e preservação dos recursos naturais do planeta. Os princípios da física, como as leis da termodinâmica e a conservação da energia, são essenciais para entender os desafios ambientais, incluindo a mudança climática e a escassez de recursos naturais (VEIGA, 2010). A física nos ensina que a energia não

pode ser criada nem destruída, apenas transformada, implicando a necessidade de utilizar os recursos naturais de maneira responsável para mitigar o desperdício e garantir a eficiência energética em todos os processos, desde a geração de energia até o transporte e a indústria (BARBOSA, 2015).

A compreensão das mudanças climáticas e da dinâmica terrestre também é facilitada pela física. O estudo das propriedades dos gases e do efeito estufa, por exemplo, ajuda a explicar como as atividades humanas estão elevando as temperaturas globais, fornecendo uma base científica para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação (Barandas, 2016). A física, portanto, não é apenas uma disciplina acadêmica, mas uma ferramenta essencial para abordar os desafios da sustentabilidade.

Quanto à Física, esta tem sido fundamental para o desenvolvimento de tecnologias que promovem a sustentabilidade, como a energia solar e eólica. Além disso, ela contribui para o desenvolvimento de materiais mais eficientes, como os isolantes térmicos, que economizam energia. Compreender os impactos das atividades humanas no meio ambiente, como o aquecimento global, e desenvolver estratégias para mitigá-los são outros exemplos de como a física é crucial para a sustentabilidade.

A Física, abrangente e fundamental, desafia os limites do conhecimento humano ao estudar a matéria e a energia. No contexto da sustentabilidade, ela vai além das fórmulas para fornecer uma compreensão profunda das interações entre esses elementos e o meio ambiente. Essa ciência capacita o desenvolvimento de tecnologias eficientes e a exploração de fontes de energia renováveis, ajudando a mitigar problemas ambientais, como o aquecimento global.

No entanto, a maioria dos professores não enfatiza as partes conceitual e experimental da física que poderiam abordar questões ambientais, como a concentração de gases na atmosfera e as variações de temperatura planetária. O estudo da física deve contemplar aspectos que vão além das equações matemáticas, incluindo o impacto ambiental do uso de combustíveis fósseis e a possibilidade de substituí-los por fontes de energia menos poluentes (SILVA e CARVALHO, 2006; CONCEIÇÃO et al., 2016).

A discussão sobre tecnologias energéticas sustentáveis reflete a transição energética em curso e aplica conceitos físicos diretamente na prática. Essa abordagem mitiga os impactos ambientais e oferece aos docentes de física a oportunidade de ensinar novas competências, preparando os alunos para lidar com situações cotidianas onde os fenômenos físicos estão presentes (SILVA et al., 2018).

Portanto, a educação em física desempenha um papel crucial na formação de cidadãos conscientes e engajados na busca por soluções sustentáveis para os desafios energéticos e ambientais do século XXI. Ela fornece uma compreensão fundamental dos processos de transformação energética e seus impactos, capacitando os alunos a enfrentar questões complexas relacionadas à sustentabilidade e à física no mundo atual.

2.1 Física sendo capaz de contribuir com a sustentabilidade planetária.

Sustentabilidade é um conceito que se refere à capacidade de atender às necessidades da atual geração sem comprometer a capacidade das futuras gerações de prover também as suas necessidades. Em outras palavras, trata-se de buscar um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, social e ambiental, de modo a preservar os recursos naturais e o meio ambiente para as gerações futuras (SILVA et al., 2018).

A sustentabilidade, como princípio, é fundamental e desempenha um papel preponderante na preservação do nosso planeta e na perspectiva de um futuro mais equilibrado à geração presente e, portanto, futuras. Ela está intrinsecamente ligada à questão ambiental, uma vez que busca garantir que as ações humanas, antropogênicas, não prejudiquem irreversivelmente o meio ambiente, os ecossistemas e a biodiversidade que sustentam a vida na Terra.

A importância da sustentabilidade no contexto ambiental não pode ser subestimada. Vivemos em um planeta onde os recursos naturais são limitados, e nosso estilo de vida e os sistemas de produção têm esgotado esses recursos a taxas insustentáveis. Isso resulta em desmatamento desenfreado, esgotamento de recursos hídricos, poluição do ar e dos oceanos, além das mudanças climáticas presentes em todos os continentes. Tudo isso coloca em risco a estabilidade dos ecossistemas e a saúde do planeta, em conformidade com (SILVA et al., 2018).

A abordagem sustentável busca reverter esse curso prejudicial. Ela defende a conservação e o uso responsável dos recursos naturais, promovendo práticas que minimizem o desperdício, reduzam a poluição e diminuam a pegada de carbono. Isso não apenas preserva o meio ambiente, mas também protege a qualidade de vida das pessoas, garantindo água limpa, pura e alimentos saudáveis, por exemplo (SILVA et al., 2018).

Além disso, a sustentabilidade ambiental confirma a interconexão entre todas as formas de vida na Terra. A biodiversidade desempenha um papel vital na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas e na resistência aos desafios como doenças e mudanças climáticas. Portanto, a preservação da diversidade biológica é uma parte crucial da sustentabilidade.

Para enfrentar os desafios ambientais crescentes, a sociedade como um todo necessita adotar um repensar urgente em todos os aspectos da vida; indo desde a produção de energia até a gestão de resíduos, inclusive gases resultantes da queima de combustíveis fósseis e de inúmeros processos industriais, conforme apresenta WMO (2024), com evolução histórica dos dados de incremento da temperatura global vistos na Figura 1. Governos, empresas e indivíduos terão que desempenhar papéis importantes nesse esforço, adotando práticas mais responsáveis, investindo em tecnologias verdes e apoiando políticas que promovam a garantia da existência de recursos naturais às gerações futuras.

Sustentabilidade é a capacidade de atender às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. Esse conceito busca um equilíbrio entre desenvolvimento econômico,

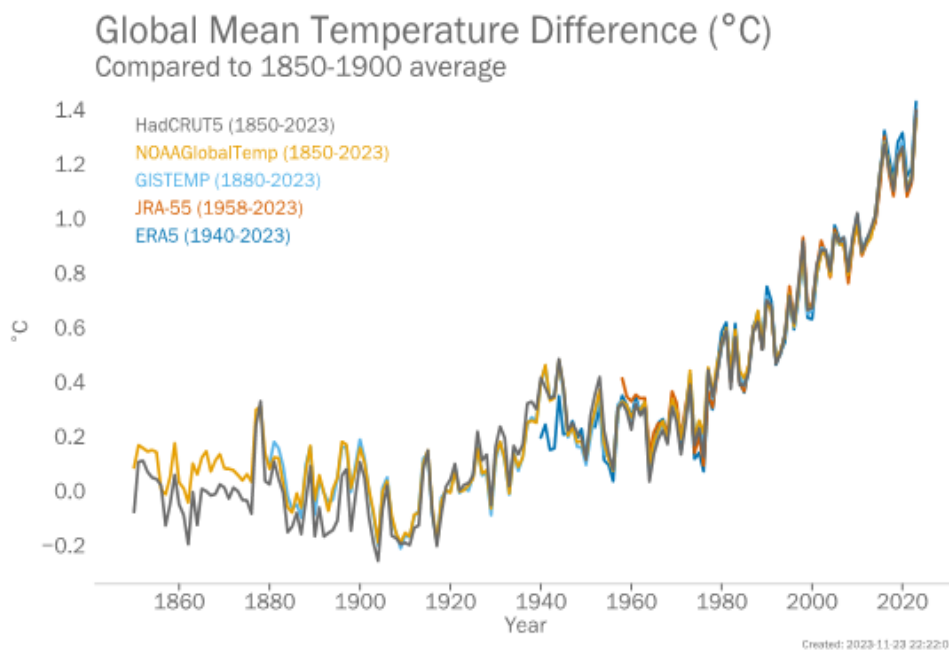
social e ambiental, preservando os recursos naturais e o meio ambiente para o futuro (SILVA et al., 2018). A sustentabilidade, portanto, desempenha um papel crucial na preservação do planeta e na construção de um futuro equilibrado para as gerações presentes e futuras.

A sustentabilidade está intrinsecamente ligada à questão ambiental, buscando garantir que as ações humanas não prejudiquem irreversivelmente o meio ambiente, os ecossistemas e a biodiversidade que sustentam a vida na Terra. Vivemos em um planeta com recursos naturais limitados, e nosso estilo de vida e sistemas de produção têm esgotado esses recursos a taxas insustentáveis, resultando em desmatamento, esgotamento de recursos hídricos, poluição do ar e dos oceanos, além das mudanças climáticas globais (SILVA et al., 2018). A abordagem sustentável visa reverter esses impactos prejudiciais, promovendo práticas que conservem e utilizem os recursos naturais de forma responsável, minimizando o desperdício, reduzindo a poluição e diminuindo a pegada de carbono.

A física, como ciência fundamental, pode contribuir significativamente para a sustentabilidade planetária. Ela nos ensina que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada, destacando a necessidade de usar os recursos naturais de maneira eficiente e responsável. As leis da termodinâmica, por exemplo, alertam sobre a importância da eficiência energética em todos os processos, desde a geração de energia até o transporte e a indústria (BARBOSA, 2015).

A compreensão das mudanças climáticas e da dinâmica da Terra também é facilitada pela física. O estudo das propriedades dos gases e do efeito estufa explica como as atividades humanas estão elevando as temperaturas globais, fornecendo uma base científica para o desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação (BARANDAS, 2016). Além disso, a física é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, como energia solar e eólica, e para o aprimoramento de materiais eficientes que economizam energia.

Figura 1- Evolução da temperatura global 1850/2023



Fonte: WMO (2024)

Pensar no respeito ao planeta, pode ser a chave para garantir um ambiente saudável e habitável para todas as formas de vida. A física oferece um conjunto significativo de estruturas, que vão além do teórico e já presentes no mundo tecnológico, podendo contribuir, inclusive, com a mitigação em escala global. Portanto, é urgente abraçar a sustentabilidade como um princípio fundamental em nosso modo de vida e desenvolvimento em todos os aspectos, em especial o sócio-econômico.

O ensino em física pode e deve incorporar questões ambientais para preparar os alunos a enfrentar os desafios da sustentabilidade. No entanto, muitos professores não enfatizam suficientemente as partes conceitual e experimental da física que poderiam abordar essas questões. É crucial que o ensino da física vá além das equações matemáticas e inclua discussões sobre o impacto ambiental do uso de combustíveis fósseis e a necessidade de substituí-los por fontes de energia renováveis (SILVA e CARVALHO, 2006; CONCEIÇÃO et al., 2016).

A sociedade como um todo precisa adotar práticas mais sustentáveis para enfrentar os desafios ambientais crescentes. Isso inclui desde a produção de energia até a gestão de resíduos, incluindo a redução de gases resultantes da queima de combustíveis fósseis e de processos industriais. Governos, empresas e indivíduos devem desempenhar papéis importantes nesse esforço, adotando práticas responsáveis, investindo em tecnologias verdes e apoiando políticas que promovam a sustentabilidade e a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações.

A Física, ao fornecer uma compreensão profunda das interações entre a matéria, energia e o meio ambiente, desempenha um papel crucial na promoção da

sustentabilidade planetária. Ao incorporar conceitos de física no contexto da sustentabilidade, podemos desenvolver tecnologias mais eficientes e explorar fontes de energia renováveis, contribuindo para a mitigação dos problemas ambientais. A física deve capacitar os alunos a compreenderem e enfrentarem os desafios ambientais, preparando-os para um futuro mais sustentável, tornando-a não apenas uma disciplina acadêmica, mas uma ferramenta essencial para enfrentar os desafios da sustentabilidade e garantir um futuro equilibrado para o nosso planeta.

2.2 O Nobel de Física de 2021 e o meio ambiente como preocupação central.

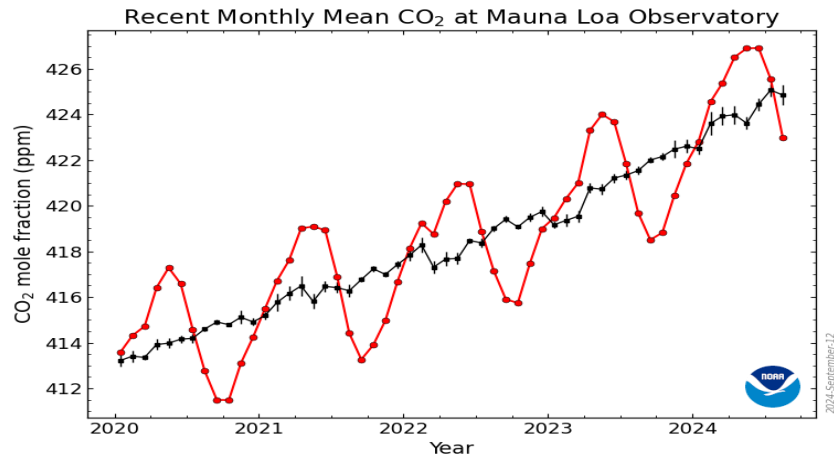
A Terra, os demais planetas e, ainda, objetos que recebem influência da força gravitacional do Sol são estudados pela Física, mas no nosso planeta, atmosfera, formação de gelo nos polos, movimento dos mares e oceanos, erupções vulcânicas e os diversos movimentos que o planeta executa em relação à estrela e até mesmo em relação à galáxia, são explicados, em parte, pela Física.

Quando a ciência é premiada por sua importância diante de evidências científicas, como no caso do Prêmio Nobel de Física de 2021, percebemos que, neste caso, foi em face dos impactos humanos sobre o planeta. O reconhecimento à ciência envolveu estudos centrados na Física que tratam de teorias de sistemas complexos e de um modelo físico do clima da Terra. Portanto, são estudos que permitiram comprovar o que comumente conhecemos como aquecimento global. São alterações em escala planetária em função do incremento de inúmeros gases, tais como: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), 5, em conformidade com NOAA (2024).

As alterações climáticas vistas pelo olhar da física, em especial nas pesquisas de alto nível e que culminaram com a premiação do Nobel do ano de 2021, não respondem a tudo que continua acontecendo na dinâmica do planeta, e em virtude das interferências antrópicas que são contínuas e crescentes.

As medições periódicas realizadas no laboratório de Mauna Loa e com atualização em doze de setembro de 2024, mostra que a média de agosto de 2024 foi de 422,99 ppm (partes por milhão), e mostra que em agosto de 2023 essa média tinha sido aferida com valor de 419,68 ppm, Figura 2. O dióxido de carbono tem sido emitido em maior volume desde a revolução industrial, em todos os processos humanos, considerando, portanto, atividades industriais, de transporte, de agropecuária, entre outras.

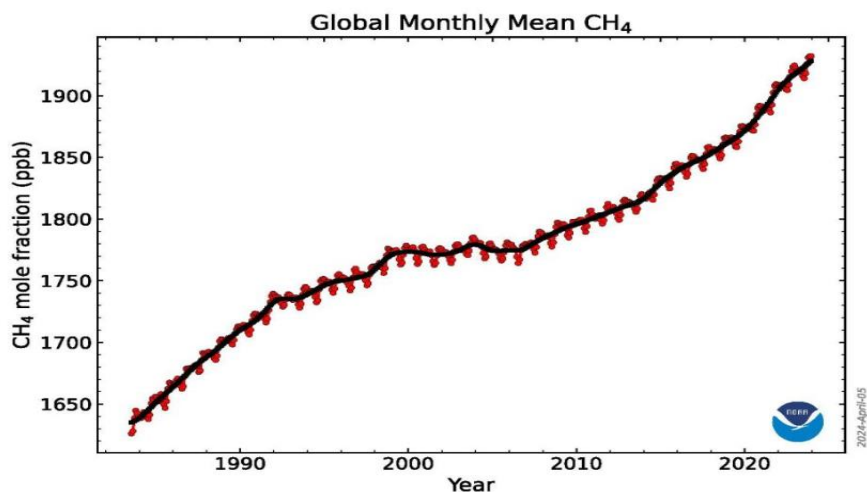
Figura 2 - Emissões de dióxido de carbono



Fonte: NOAA (2024)

No caso do metano, ou gás metano, realizadas pelo laboratório de Mauna Loa, mostra que a média de outubro de 2023 foi de 1933,46 ppb (partes por bilhão), e mostra que em outubro de 2022 essa média tinha sido aferida com valor de 1920,16 ppm, Figura 3. O gás metano tem sido emitido em larga escala por inúmeras atividades humanas, principalmente industriais e de agropecuária.

Figura 3 - Emissões de metano

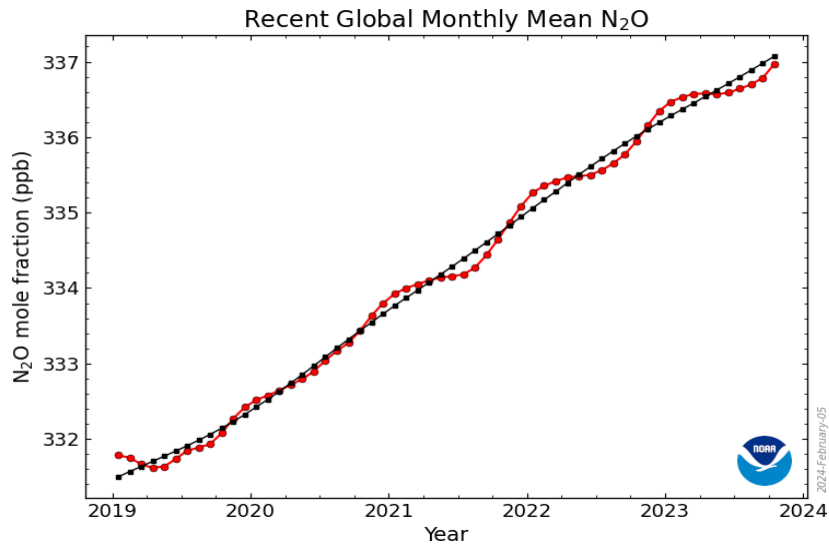


Fonte: NOAA (2024)

Nas medições de óxido nitroso (N_2O), também periódicas, e com atualização em cinco de fevereiro de 2024, mostra que a média de outubro de 2023 foi de 336,97 ppm (partes por bilhão), sendo que em outubro de 2022 essa média tinha sido aferida com valor de 335,94 ppm, Figura 4. O óxido nitroso é emitido em grande volume e

distribuído na atmosfera do planeta, também em função das atividades humanas.

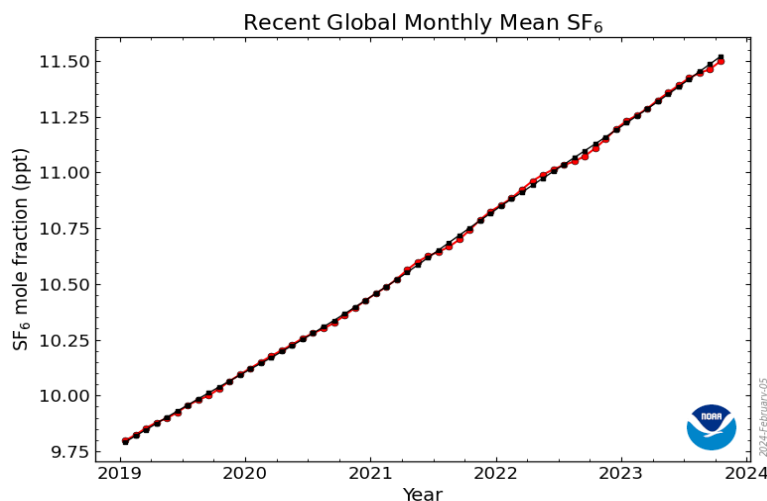
Figura 4 - Emissões de óxido nitroso



Fonte: NOAA (2024)

E em relação a um outro gás extremamente impactante que é o hexafluoreto de enxofre com dados de 2023, mostrando que a média de outubro deste ano atingiu a cifra de 11,50 ppt (partes por trilhão), sendo que em outubro de 2022 essa média tinha sido aferida com valor de 11,11 ppt, Figura 5. Também para o hexafluoreto de enxofre, tem-se a sua contínua alteração com valores sempre adicionados, às interações da espécie humana.

Figura 5 - Emissões de hexafluoreto de enxofre



Fonte: NOAA (2024)

Portanto, em face dos estudos bem fundamentados com os conceitos de Física, tem sido possível verificar que estudos de grande relevância científica possibilitam esta interface com todas as áreas que tratam do conhecimento sobre meio ambiente.

O dióxido de carbono atmosférico, por exemplo, atingiu 149% do nível pré-industrial em 2021, principalmente devido às emissões resultantes da combustão de combustíveis fósseis e da produção de cimento. Cerca de metade do CO₂ emitido pela atividade humana permanece na atmosfera, enquanto a outra metade é absorvida pelo planeta, incluindo os oceanos, que funcionam como sumidouros - sistemas capazes de absorver os gases de efeito estufa. O equilíbrio entre fontes e sumidouros altera-se todos os anos devido à variabilidade natural (WMO,2024).

Em relação a todos os gases de efeito estufa, não há nenhuma indicação de que haja diminuição de suas concentrações na atmosfera, porque as atividades industriais permanecem intensas e o uso dos recursos naturais, especialmente os fósseis, são extraídos em escala gigantesca e contínua, acelerando inclusive esgotamento de poços de petróleo e gás em diversas regiões do planeta.

Nas medições de óxido nitroso (N₂O), atualizadas em cinco de fevereiro de 2024, observou-se que a média de outubro de 2023 foi de 336,97 partes por bilhão (ppb), enquanto em outubro de 2022 esse valor era de 335,94 ppb. O N₂O é emitido em grande volume e distribuído na atmosfera em decorrência das atividades humanas. Em relação ao hexafluoreto de enxofre, outro gás com impacto significativo, dados de 2023 indicam que a média de outubro deste ano atingiu 11,50 partes por trilhão (ppt), em comparação com 11,11 ppt em outubro de 2022. A concentração desses gases na atmosfera continua a aumentar devido às interações antropogênicas.

Para todos os gases de efeito estufa, não há indicação de redução nas concentrações atmosféricas, pois as atividades industriais continuam intensas e a exploração dos recursos naturais, especialmente fósseis, ocorre em escala gigantesca e contínua, acelerando o esgotamento de poços de petróleo e gás em várias regiões do mundo. A constante utilização de recursos não renováveis agrava a situação, exigindo um esforço global para buscar alternativas mais sustentáveis.

Quanto à Física, esta tem desempenhado um papel crucial na compreensão e mitigação desses problemas. A aplicação de princípios físicos permite desenvolver tecnologias que visam reduzir as emissões de gases de efeito estufa e melhorar a eficiência energética. Tecnologias de energia renovável, como a solar e a eólica, são exemplos de como a física pode contribuir para a sustentabilidade. A ciência física também é essencial para modelar e prever o comportamento dos gases na atmosfera, permitindo a elaboração de estratégias de mitigação mais eficazes.

Além disso, a Física tem sido fundamental para entender os impactos das mudanças climáticas e desenvolver soluções para adaptá-los. A compreensão das propriedades dos gases e dos processos atmosféricos é vital para explicar como as atividades humanas estão elevando as temperaturas globais e alterando os padrões climáticos. Essa base científica é crucial para informar políticas públicas e promover ações que reduzam os impactos ambientais.

Portanto, a Física não é apenas uma disciplina acadêmica, mas uma ferramenta essencial para enfrentar os desafios da sustentabilidade e preservar o meio ambiente para as gerações futuras. A educação em física deve enfatizar a importância de compreender os fenômenos naturais e suas interações com as atividades humanas, capacitando os alunos a desenvolver soluções inovadoras para problemas ambientais. Ao integrar os conceitos físicos com a sustentabilidade, podemos criar um futuro mais equilibrado e responsável, garantindo que os recursos naturais sejam utilizados de maneira eficiente e que os impactos negativos sejam minimizados. Assim, a física desempenha um papel vital na construção de um mundo mais sustentável e na promoção da preservação ambiental.

2.3 Energia, meio ambiente, sociedade e as conexões com a física.

A energia, na atualidade, tem um papel fundamental na manutenção dos padrões atuais da sociedade, sendo de grande utilidade para a humanidade e amplamente empregada em lares, fazendas, indústrias, entre outras áreas. Produzir e fornecer calor, auxiliando no funcionamento de refrigeradores, rádios e televisores; que são fundamentais para o exercício e prática da cidadania (ALVES e TORQUATO, 2012).

No setor energético, o Brasil passou por um longo período de desenvolvimento, isso se deu pela ampliação da área de infraestrutura, inclusive elétrica, que aumentou rapidamente a custos relativamente baixos e com significativa evolução tecnológica. Este cenário só se tornou suscetível pela facilidade de obtenção de recursos financeiros internacionais e disponibilidade de recursos hidrelétricos próximos aos mercados de consumo, que permitiram incrementos de escala no setor (BRAMBILLA e MUELLER, 2004).

No entanto, mesmo com a evolução que ocasionou fornecimento de energia limpa e renovável, houve um outro lado da implantação de usinas hidrelétricas, que apresentou um alto impacto ambiental através das inundações e possível deslocamento de pessoas, como os indígenas de suas residências, ocasionando impactos não só ambientais, mas sociais também. Por outro lado, as usinas termelétricas e nucleares por sua vez causam poluição e risco de acidentes

ambientais (MORISHITA, 2011).

Estudar sobre energia sustentável na Física, vai além das contribuições matemáticas, que são de suma importância, mas também é uma forma de fazer um recorte ambiental, onde o estudo pode ser utilizado a interdisciplinaridade. O ensino de Física em conjunto com outras disciplinas, torna-se uma ferramenta interessante para a formação do conhecimento dos fenômenos físicos e em especial as relações entre as ferramentas utilizadas pelas civilizações primitivas e as tecnologias atuais, trazendo essa temática para a realidade na qual os estudantes estão inseridos (SILVA et al., 2018).

Entretanto, a interdisciplinaridade não é algo a ser obtido de forma fácil e rápida por escolas e professores, pois para esta visão ser concretizada é necessário ter em vista estratégias que visem uma metodologia que vá em encontro de instrumentos que buscam traçar uma ponte entre a unidade e a multiplicidade entre as partes e o todo. Contribuir assim de forma coexistente entre as disciplinas que têm em comum o mesmo contexto, essa proposta de ensino proporciona um desenvolvimento na forma de aprender e no nível de aprendizagem em sala de aula, porém é caracterizada por ser um grande desafio para o sistema de educação sua inserção (PAVIANI, 2005).

Deduz-se de Veiga (2010), que a intersecção entre energia, meio ambiente e sociedade é um dos grandes desafios do século XXI. A Física, como ciência fundamental, oferece as ferramentas teóricas e experimentais para compreender os processos energéticos e seus impactos ambientais, fornecendo subsídios para a busca por soluções sustentáveis.

A Física da energia permeia desde a compreensão das fontes de energia, como a fusão nuclear nas estrelas e a fissão nuclear em reatores, até os processos de conversão de energia, como a geração de eletricidade em usinas hidrelétricas e termelétricas. A termodinâmica, por exemplo, estabelece os limites teóricos para a eficiência de máquinas térmicas, enquanto o eletromagnetismo descreve os princípios por trás da geração e transmissão de energia elétrica.

Os impactos ambientais da produção e consumo de energia são cada vez mais evidentes, com destaque para as mudanças climáticas, a poluição do ar e da água, e a degradação de ecossistemas. A física ambiental contribui para a quantificação e modelagem desses impactos, permitindo a avaliação de diferentes tecnologias energéticas e a definição de políticas públicas mais eficientes em conformidade com (GOLDEMBERG, 2015).

A sociedade, por sua vez, desempenha um papel central na produção e consumo de energia. O crescimento populacional, a urbanização e o desenvolvimento industrial impulsionam a demanda por energia, exigindo a adoção de modelos energéticos mais sustentáveis. A física social, um campo emergente, busca compreender as interações entre ciência, tecnologia e sociedade, visando a construção de um futuro energético mais justo e equitativo.

As conexões entre energia, meio ambiente, sociedade e Física são multifacetadas e exigem uma abordagem interdisciplinar. A educação em ciências, em especial a Física, desempenha um papel fundamental na formação de cidadãos conscientes e capazes de tomar decisões informadas sobre o uso da energia. A pesquisa científica,

por sua vez, é essencial para o desenvolvimento de novas tecnologias e soluções inovadoras para os desafios energéticos.

Em resumo, a Física oferece um arcabouço teórico fundamental para a compreensão dos processos energéticos e seus impactos ambientais. Ao integrar conhecimentos da Física com outras áreas, como a química, a biologia, as ciências sociais e as engenharias, é possível construir um futuro energético mais sustentável e equitativo.

2.4 Desafios tecnológicos para o meio ambiente e a importância da Física na atualidade.

A física tem desempenhado um papel crítico na abordagem dos desafios sobre sustentabilidade e, sobretudo, nos desafios relacionados ao meio ambiente em função das inúmeras atividades humanas. Ela é uma linguagem universal que nos permite compreender o mundo natural e, ao fazer isso, nos fornece as ferramentas possíveis para enfrentar os problemas ambientais (CONCEIÇÃO et al., 2016).

A compreensão das leis fundamentais da física é essencial para orientar nossos esforços em direção à sustentabilidade. Leis como a conservação da energia e a termodinâmica nos lembram que a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada. Isso nos leva a buscar maneiras eficientes de utilizar os recursos naturais, minimizando o desperdício e reduzindo nosso impacto ambiental (CONCEIÇÃO et al., 2016).

Quando olhamos para as fontes de energia, a física desempenha um papel crucial no desenvolvimento de soluções sustentáveis. Ela explica os princípios por trás da energia solar, eólica e hidrelétrica, permitindo-nos aproveitar o poder dessas fontes renováveis. Além disso, a física está na base das tecnologias de armazenamento de energia e da distribuição eficaz, tornando possível uma transição para sistemas energéticos mais verdes.

A física também é uma aliada na luta contra as mudanças climáticas. Ela nos ajuda a entender como os gases de efeito estufa afetam a atmosfera e como as atividades humanas estão causando um aumento nas temperaturas globais. Essa compreensão é crucial para desenvolver estratégias de mitigação e adaptação que são fundamentais para nossa sobrevivência a longo prazo (CONCEIÇÃO et al., 2016).

Além disso, a pesquisa em física frequentemente leva a avanços tecnológicos que podem ser aplicados para resolver desafios ambientais. Novos materiais e tecnologias, desenvolvidos com base em princípios físicos, podem tornar nossos sistemas mais eficientes e sustentáveis.

A educação em física desempenha um papel importante para conscientizar as pessoas sobre os princípios científicos subjacentes aos problemas ambientais. Isso capacita as pessoas a tomar decisões informadas em suas vidas cotidianas e a apoiar políticas e práticas sustentáveis em suas comunidades (CONCEIÇÃO et al., 2016).

Em resumo, a física é mais do que uma disciplina acadêmica abstrata; é uma ferramenta essencial para enfrentar os desafios ambientais globais. Seja na

conservação de recursos naturais, na mitigação das mudanças climáticas ou no desenvolvimento de tecnologias verdes, e a física tem desempenhado um papel central na criação de um futuro mais sustentável e equilibrado para o planeta (CONCEIÇÃO et al., 2016).

2.5 Relação da Física com a sociedade como indutora de transformação

A relação entre a física e as transformações na sociedade tem sido algo visível, especialmente quando se trata de pensar sustentável. É a ciência fundamental na busca por compreender o funcionamento do universo, desde as partículas subatômicas até a infinitude cósmica. Esta compreensão, quando aplicada de maneira criativa e inovadora, pode resultar em avanços capazes de propiciar, inclusive, impactos positivos no meio ambiente. Portanto, quando tratamos de energia, não há dúvidas que a física traz contribuições significativas em todas as áreas, sendo que no caso particular da energia, e em face da exuberante demanda global, há sempre uma busca pelo desenvolvimento de dispositivos de elevada eficiência em todos os processos de transformação energética e que possam usar cada vez menos os recursos fósseis existentes.

A busca por fontes de energia limpa e renovável tem sido uma prioridade global, à medida que a sociedade enfrenta desafios relacionados às mudanças climáticas e à escassez de recursos. A física, por meio do estudo das propriedades dos materiais e da conversão de energia, desempenha um papel central na criação de tecnologias mais eficientes e ambientalmente amigáveis. Painéis solares, turbinas eólicas, baterias de alta capacidade e reatores nucleares seguros são exemplos de avanços que promovem a sustentabilidade e têm suas raízes na física (CONCEIÇÃO et al., 2016).

Além disso, a física desempenha um papel vital na compreensão e previsão de eventos climáticos extremos, fornecendo informações cruciais para a adaptação e mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Modelos computacionais baseados em princípios físicos são usados para simular o clima global e regional, permitindo que os cientistas prevejam padrões climáticos, furacões, secas e inundações com maior precisão. Essa informação é essencial para planejadores urbanos, governos e organizações que buscam criar estratégias de resiliência e sustentabilidade.

A física também está no cerne da revolução da eletrônica e da tecnologia da informação. Dispositivos eletrônicos cada vez mais eficientes e poderosos, como os microprocessadores, são possíveis graças às descobertas na física dos semicondutores. Essas inovações não apenas melhoram a qualidade de vida das pessoas, mas também são importantes para a sustentabilidade ao tornar os sistemas de transporte e comunicação mais eficientes, reduzindo assim o consumo de recursos.

Além disso, a física também está envolvida na otimização de processos industriais. A análise de dados e a modelagem computacional baseada em princípios físicos permitem que as empresas reduzam o desperdício de matéria-prima, economizem energia e minimizem os impactos ambientais em suas operações. Isso não apenas

torna as empresas mais competitivas, mas também alinha seus objetivos com os de sustentabilidade.

Desse modo, a física é uma força motriz por trás das melhorias na sociedade externa para a sustentabilidade. Ela fornece o conhecimento e as ferramentas fáceis para criar tecnologias mais limpas, entender e lidar com os desafios climáticos e melhoria de processos industriais. À medida que a sociedade busca um futuro mais sustentável, a física continuará a desempenhar um papel crucial na moldagem de um mundo melhor para as gerações futuras (CONCEIÇÃO et al., 2016).

A relação entre a física e as transformações na sociedade tem sido notável, especialmente quando consideramos a busca por soluções sustentáveis. A física, como ciência fundamental, busca compreender o funcionamento do universo, desde as partículas subatômicas até a vastidão cósmica. Essa compreensão, quando aplicada de maneira inovadora, pode gerar avanços que promovem impactos positivos no meio ambiente. Na área da energia, por exemplo, a física contribui significativamente em diversas esferas, focando no desenvolvimento de dispositivos de alta eficiência que minimizem o uso de recursos fósseis. Com o aumento da demanda global por energia, a busca por fontes limpas e renováveis tornou-se uma prioridade, enfrentando os desafios das mudanças climáticas e da escassez de recursos. A física, através do estudo das propriedades dos materiais e da conversão de energia, desempenha um papel crucial na criação de tecnologias que são não apenas mais eficientes, mas também mais amigáveis ao meio ambiente. Avanços como painéis solares, turbinas eólicas, baterias de alta capacidade e reatores nucleares seguros são exemplos concretos dessa influência (CONCEIÇÃO et al., 2016).

Ademais, a física é fundamental para a compreensão e previsão de eventos climáticos extremos, fornecendo dados essenciais para a adaptação e mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Modelos computacionais baseados em princípios físicos permitem simular o clima global e regional, ajudando cientistas a prever padrões climáticos, furacões, secas e inundações com maior precisão. Essa capacidade preditiva é vital para planejadores urbanos, governos e organizações que desenvolvem estratégias de resiliência e sustentabilidade. Além disso, a física está no núcleo da revolução eletrônica e da tecnologia da informação. Inovações em dispositivos eletrônicos, como microprocessadores, são possíveis graças às descobertas na física dos semicondutores, que não só melhoraram a qualidade de vida, mas também contribuíram para a sustentabilidade ao tornar sistemas de transporte e comunicação mais eficientes, reduzindo o consumo de recursos.

Na indústria, a física também desempenha um papel crucial na otimização de processos. A análise de dados e a modelagem computacional, fundamentadas em princípios físicos, permitem que empresas reduzam o desperdício de matéria-prima, economizem energia e minimizem os impactos ambientais em suas operações. Essas práticas não apenas aumentam a competitividade das empresas, mas também alinham suas metas com os objetivos de sustentabilidade. Assim, a física se destaca como uma força motriz por trás das melhorias na sociedade rumo à sustentabilidade, fornecendo conhecimento e ferramentas para criar tecnologias mais limpas, entender os desafios climáticos e otimizar processos industriais. À medida que a sociedade avança em direção a um futuro mais sustentável, a física continuará a ser essencial

na construção de um mundo melhor para as gerações futuras (CONCEIÇÃO et al., 2016).

3 METODOLOGIA

Este estudo se caracterizou por uma revisão da literatura com abordagem qualitativa. A escolha deste método deve-se à possibilidade de incluir diversos tipos de literaturas, tais como: livros, artigos científicos, revisões bibliográficas e pesquisas sobre o contexto geral e/ou tópicos relacionados. Com isso, tornou-se possível coletar diversas informações atualizadas sobre um determinado contexto, permitindo ao pesquisador atualizar-se e realizar inferências pertinentes à produção científica (GONÇALVES, 2019).

A seleção das fontes de pesquisas foram determinantes na construção deste trabalho e estiveram centradas em publicações de autores de reconhecida importância no meio acadêmico, destacando-se artigos veiculados, sítios da internet, relatórios de simpósios, dentre outros

Nesse processo tratou-se da busca de pesquisas relacionadas à temática aqui tratada e, sobretudo, a relação da física com o meio ambiente. Grande parte do material literário que envolveu toda ação de pesquisa, foi identificado e tratado por meio de plataformas científicas, bibliotecas e bases de dados diversas, como por exemplo: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), *Google Scholar*, *Scopus Elsevier*, *Cochrane Library*, *Web of Science*, dentre outros.

Por conseguinte, na realização destas buscas, foram utilizadas algumas palavras-chave como “Física”, “Sustentabilidade” e “Preservação ambiental”, por exemplo.

De Lakatos (1998), infere-se que a pesquisa foi desenvolvida e classificada de forma que fosse possível atingir o objetivo geral de forma mais eficiente. Para melhor exploração da pesquisa, observou-se que ela é classificada como de cunho exploratório, devido ao fato do uso de fontes bibliográficas e descritivas para que fosse possível descrever todo o processo.

Quanto a revisão da literatura, organiza-se a partir da necessidade que o pesquisador encontra em desenvolver métodos lineares de pesquisa, com rigor metodológico claramente definido e, acima de tudo, com descrição de etapas que possa ser seguidas por outros pesquisadores; portanto, que seus métodos sejam de fácil replicação ou adaptação ao contexto mais próximo àquele que pesquisa (GONÇALVES, 2019).

A revisão de literatura, contribui para que o pesquisador identifique o campo de atuação da pesquisa e possa se posicionar acerca de determinada temática, possibilitando que a partir do levantamento dos resultados apontados no estudo possa existir um ponto de singularidade englobando a visão de todo estudo, formulando conceitos, sentidos e contextos amplos sobre o que está sendo tratado, de acordo com o que escreve (CARVALHO, 2020).

Dentro da perspectiva aqui tratada, em especial do que escrevemos no parágrafo anterior, é, portanto, por onde pautamos grande parte deste estudo, que foi desenvolvido a partir de material já elaborado e disponível nas mais diversas formas, como livros impressos, artigos científicos, entre outros.

A revisão da literatura realizada neste estudo focou-se em uma abordagem qualitativa, escolhida pela sua capacidade de englobar uma variedade de fontes, como livros, artigos científicos, revisões bibliográficas e pesquisas contextuais. Esse método permitiu a coleta de informações atualizadas e relevantes sobre a temática, proporcionando ao pesquisador uma base sólida para inferências e conclusões pertinentes à produção científica (GONÇALVES, 2019). A seleção cuidadosa das fontes foi crucial para a construção deste trabalho, centrando-se em publicações de autores renomados no meio acadêmico e incluindo artigos, sites especializados, relatórios de simpósios e outras fontes confiáveis.

Em conformidade com Lakatos (1998), a pesquisa foi desenvolvida de forma exploratória, utilizando fontes bibliográficas e descritivas para delinear todo o processo investigativo. A revisão da literatura foi organizada com rigor metodológico, visando à replicabilidade e adaptação por outros pesquisadores. Este método assegura que o processo de pesquisa seja linear e meticulosamente descrito, facilitando a continuidade e a expansão do estudo por diferentes estudiosos (GONÇALVES, 2019).

A revisão da literatura permitiu ao pesquisador identificar e posicionar-se no campo de atuação, integrando os resultados encontrados de forma a fornecer uma visão abrangente sobre a temática. Carvalho (2020) destaca que esse levantamento possibilita a formulação de conceitos e contextos amplos, essencial para a compreensão integral do assunto tratado. O desenvolvimento deste estudo baseou-se amplamente em material já existente e disponível, como livros impressos e artigos científicos, constituindo uma base teórica robusta para análise e interpretação dos dados coletados.

A relevância da física no contexto da sustentabilidade e da preservação ambiental foi explorada através da revisão de estudos anteriores, demonstrando como a ciência pode contribuir para a compreensão e mitigação dos problemas ambientais. A análise criteriosa das fontes permitiu a construção de uma narrativa coerente, destacando a importância da física na criação de tecnologias eficientes e na previsão de eventos climáticos. Esse conhecimento é essencial para o desenvolvimento de estratégias que promovam a sustentabilidade e a proteção dos recursos naturais.

Em conclusão, a revisão da literatura realizada neste estudo evidenciou a importância da física na promoção da sustentabilidade e na preservação ambiental. Através da análise de fontes variadas e rigorosamente selecionadas, foi possível construir uma base teórica sólida, que não só contribui para o campo de estudo, mas também oferece um guia metodológico para futuras pesquisas. A integração de conhecimentos científicos e a aplicação prática desses princípios são fundamentais para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos e garantir um futuro sustentável.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

A Física desempenha um papel relevante no desenvolvimento de tecnologias de

monitoramento ambiental, como de sensores e instrumentação avançada, por exemplo. Investigamos como essas tecnologias permitem a coleta de dados precisos para monitorar e responder às mudanças ambientais, contribuindo na gestão sustentável dos recursos naturais.

Durante a implementação da questão Física e Sustentabilidade em um projeto ambiental, resultados significativos foram observados, destacando, de fato, o impacto positivo da aplicação dos princípios físicos na preservação ambiental.

Ao integrar conceitos de Física na implementação de fontes de energia renovável, têm-se, assim, um aumento notável na eficiência da transformação energética. A instalação de painéis solares, baseada em princípios físicos, realizada em uma maior produção de energia elétrica, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

A aplicação de princípios físicos na seleção de materiais sustentáveis para a construção e operação do projeto prejudicados em danos ambientais. A análise destaca a importância da Física na criação de materiais mais leves, resistentes e recicláveis, promovendo práticas sustentáveis em todas as fases do projeto.

Voltando à questão da implementação da física aliada à sustentabilidade, é possível verificar que indicam que a aplicação prática dos princípios físicos contribui de maneira significativa para a preservação ambiental. A interconexão entre a Física e a sustentabilidade reforça a importância dessa disciplina como um negócio para a criação de soluções inovadoras e sustentáveis em projetos ambientais. Uma abordagem integrada desses conceitos pode servir como modelo para iniciativas futuras, promovendo um equilíbrio mais sustentável entre o progresso humano e a conservação do meio ambiente.

A Física desempenha um papel crucial no desenvolvimento de tecnologias de monitoramento ambiental, como sensores e instrumentação avançada. Essas tecnologias permitem a coleta de dados precisos para monitorar e responder às mudanças ambientais, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos naturais. A implementação de princípios físicos em projetos ambientais têm mostrado resultados significativos, destacando o impacto positivo dessas aplicações na preservação ambiental.

Ao integrar conceitos físicos na geração de energia renovável, observa-se um aumento notável na eficiência. A instalação de painéis solares, fundamentada em princípios físicos, resulta em uma produção maior de energia elétrica, reduzindo significativamente as emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a aplicação desses conceitos na seleção de materiais sustentáveis para a construção e operação de projetos minimiza os danos ambientais. Isso evidencia a importância da Física na criação de materiais mais leves, resistentes e recicláveis, promovendo práticas sustentáveis em todas as fases dos projetos.

A implementação da Física aliada à sustentabilidade demonstra que a aplicação prática dos princípios físicos contribui de maneira significativa para a preservação ambiental. A interconexão entre Física e sustentabilidade reforça a importância dessa disciplina como um alicerce para a criação de soluções inovadoras e sustentáveis em projetos ambientais. Uma abordagem integrada desses conceitos pode servir

como modelo para iniciativas futuras, promovendo um equilíbrio mais sustentável entre o progresso humano e a conservação do meio ambiente.

O desenvolvimento de tecnologias de monitoramento ambiental, como sensores precisos e instrumentação avançada, permite a coleta de dados essenciais para entender e responder às mudanças ambientais. Essas tecnologias são fundamentais para a gestão sustentável dos recursos naturais, oferecendo informações críticas para a tomada de decisões. A física, ao fornecer a base teórica e prática para essas inovações, destaca-se como uma ciência essencial para a sustentabilidade.

Além disso, a análise de materiais sustentáveis e a aplicação de princípios físicos na sua seleção mostram como essa ciência pode influenciar positivamente a preservação ambiental. Materiais mais leves e recicláveis não apenas reduzem os impactos ambientais durante a construção e operação dos projetos, mas também promovem uma cultura de sustentabilidade em todas as etapas. A Física, ao promover a eficiência energética e a utilização de recursos renováveis, mostra-se vital para a criação de um futuro sustentável.

Portanto, a Física, ao se entrelaçar com a sustentabilidade, oferece uma visão poderosa de como a ciência pode ser utilizada no enfrentamento dos desafios ambientais contemporâneos. Projetos que integrem esses conceitos, não apenas avançam em tecnologia e eficiência, mas também promovem a conservação do meio ambiente, mostrando que a inovação e a preservação podem caminhar lado a lado. A Física, com suas contribuições essenciais, posiciona-se como uma aliada indispensável na busca por um mundo mais sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os apontamentos realizados neste estudo, constata-se que os princípios fundamentais da Física foram um marco para o mercado de práticas sustentáveis. Os métodos de gestão definidos também pela presença das leis da física, podem servir para que pessoas, e também educandos, minimizem erros em processos ambientais, assim como estabeleçam uma garantia adicional para sistemas que busquem sustentabilidade.

No entanto, para uma sustentabilidade que seja estabelecida através de seus princípios físicos, é possível afirmar que ela contribuirá, por certo, para uma melhor ativação no processo escolar onde possa prever o ponto de equilíbrio entre os diversos processos sustentáveis, e contribuir com a diminuição, por exemplo, da degradação do meio ambiente, assim como traçar melhorias para o desenvolvimento de suas práticas.

Com base nos princípios físicos aplicados à sustentabilidade, entende-se que ainda são relativamente recentes as publicações nacionais referentes à temática, ainda não sendo tão amplamente difundidas, sendo discutidas com mais frequência por profissionais da área ambiental defensores de processos sustentáveis, e de órgãos que interliguem ciência e meio ambiente.

De modo geral, pode-se dizer que a hipótese central deste estudo foi contemplada,

visto que a literatura enfatiza claramente a importância dos princípios físicos na tomada de decisões no campo da sustentabilidade, seja em iniciativas preventivas ou corretivas, o que contribui diretamente para a redução de problemas relacionados ao desempenho sustentável em todas as fases do seu ciclo de vida.

É oportuna a abordagem desse tema, pois tem a finalidade de apresentar conceitos introdutórios relacionados às questões de aplicação dos princípios econômicos deste nicho, além de apresentar noções de sua importância.

Este estudo possibilitou uma análise mais aprofundada de dados e conceitos voltadas com a importância dos princípios físicos na questão da sustentabilidade e na sua diferenciação de outros campos da ciência, sendo que o artigo também procurou trilhar e buscar caminhos para estudos e visões diferenciadas sobre a temática aqui tratada

Mediante os apontamentos realizados neste estudo, constata-se que os princípios fundamentais da Física marcaram um avanço significativo no campo das práticas sustentáveis. Os métodos de gestão, alinhados com as leis físicas, foram fundamentais para minimizar erros em processos ambientais, além de estabelecerem garantias robustas para sistemas de sustentabilidade. A integração desses princípios na educação ambiental tem o potencial de aprimorar o ensino, permitindo que estudantes e profissionais compreendam melhor o equilíbrio necessário entre sustentabilidade e desenvolvimento, promovendo práticas que reduzam a poluição e fomentem melhorias contínuas.

No contexto escolar, a aplicação dos princípios físicos à sustentabilidade é uma abordagem emergente, mas ainda pouco explorada em publicações nacionais. Esse fato destaca a necessidade de maior difusão e discussão entre educadores e profissionais da sustentabilidade, para que possam desenvolver e implementar práticas educacionais e operacionais mais eficazes. A literatura disponível enfatiza a relevância dos princípios físicos na tomada de decisões sustentáveis, sublinhando sua aplicação tanto em medidas preventivas quanto corretivas. Isso resulta em uma significativa redução dos problemas relacionados ao desempenho sustentável, em todas as etapas do ciclo de vida dos projetos.

O estudo em questão visa não apenas reafirmar a importância dos princípios físicos na sustentabilidade, mas também expandir a compreensão e aplicação desses conceitos. Ao oferecer uma visão abrangente e detalhada, busca-se fomentar novas pesquisas e debates, incentivando a adoção de práticas inovadoras que integrem os princípios físicos com as demandas ambientais. A importância de tais estudos reside na sua capacidade de iluminar caminhos para soluções sustentáveis, mostrando como a física pode contribuir de maneira decisiva para a construção de um futuro ambientalmente equilibrado.

A análise da temática desde o início, demonstrou a relevância de uma compreensão aprofundada dos princípios físicos no contexto da sustentabilidade. A pesquisa não apenas explorou as aplicações atuais desses princípios, mas também sinalizou a necessidade de investigações contínuas para o desenvolvimento de soluções inovadoras e eficazes. Os resultados obtidos neste estudo fornecem uma base razoável para futuros trabalhos acadêmicos, estimulando a comunidade científica a

buscar avanços constantes na área da sustentabilidade. A relevância desta investigação reside na capacidade de transformar o conhecimento teórico em ferramentas práticas, contribuindo para a resolução dos complexos desafios ambientais que a humanidade enfrenta na atualidade. Ao promover um desenvolvimento harmonioso entre as necessidades humanas e a conservação do meio ambiente, esta pesquisa contribui para a construção de um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS

ALVES, Danielle Oliveira; TORQUATO, Carla Cristina Alves. Energia Elétrica: irregularidades no consumo e seus impactos na sociedade. **Publica Direito**, [São Paulo], v. 5, n. 2, p. 123-145, maio de 2012. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos>, 2012. Acesso em: 10 de março de 2024.

ARAÚJO, M. S. T. de; **ABIB**, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira; **FORMENTON**, Ricardo. Fontes alternativas de energia automotiva no ensino médio profissionalizante: análise de uma proposta contextualizada de ensino de física em um curso técnico. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 5, n. 1, p. 33-61, 2012.

BARANDAS, Ágata da Silveira Gouveia. Sustentabilidade e Atividade Física No Contexto da Cidade Saudável. **Tese de Doutorado**. Universidade de Lisboa (Portugal). 2016.

BARBOSA, L. C. A.; MARQUES, C. A. Sustentabilidade ambiental e postulados termodinâmicos à luz da obra de Nicholas Georgescu-Roegen. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 1124-1132, 2015.

EPE. Balanço Energético Nacional 2023: ano base 2022. Rio de Janeiro: EPE, 2023. 274 p. (Coleção Energia, 12).

BRAMBILLA, P. H. M.; MUELLER, B. M. P. Impacto da energia elétrica no crescimento econômico. **Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais**, v. 5, n. 1, p. 25-42, 2004.

CONCEIÇÃO, Reinaldo et al. Ensino-aprendizagem de Física no ensino médio em duas escolas da região norte do Piauí. **Somma: Revista Científica do Instituto Federal do Piauí**, v. 2, n. 2, p. 111-122, 2016.

CROSSETTI, M. G. O. Revisão integrativa de pesquisa na enfermagem: o rigor científico que lhe é exigido. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 8-9, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rgenf/>. Acesso em: 12 jun.2024.

GOLDEMBERG, J. Energia e sustentabilidade. **Revista de Cultura e Extensão USP**, São Paulo, v. 14, p. 33-43, nov. 2015. Disponível em: <https://revistas.usp.br/rce/article/view/108256>. Acesso em: 27 jun. 2024.

GOMES, Clara dos Santos Soares et al. Energia: diferentes olhares sobre o conceito. In: ENCONTRO PARANAENSE, CONGRESSO BRASILEIRO DE PSICOTERAPIAS CORPORAIS, XVII, XII, 2012. **Anais**. Curitiba: Centro Reichiano, 2012. [ISBN – 978-85- 87691-22-4].

MORISHITA, Claudia et al. Impacto do regulamento para eficiência energética em edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro. **Revista Brasileira de Eficiência Energética**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 5-14, 2011.

NOAA. **Trends in Atmospheric Sulfur Hexafluoride (SF₆)**. Disponível em: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_sf6/. Acesso em: 25 jan. 2024.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (WMO). **Greenhouse gases: impactos e tendências globais**: relatório anual. Disponível em: <https://wmo.int/topics/greenhouse-gases>. Acesso em: 12 fev. 2024.

PAVIANI, J. Problemas de filosofia da educação: o cultural, o político, o ético na escola, o pedagógico, o epistemológico no ensino. 7. ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2005.

SAES, Beatriz Macchione; MIYAMOTO, Bruno César Brito. Limites físicos do crescimento econômico e progresso tecnológico: o debate The Limits to Growth versus Sussex. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 345-362, jul./dez. 2012.

SILVA, L. F.; DE CARVALHO, L. M. O ensino de física a partir de temas controversos: a produção de energia elétrica em larga escala. **Interações**, v. 2, n. 4, p. [página inicial] - [página final], 2006.

SILVA, Silas Rafael Cardoso et al. TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE: INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE FÍSICA. In: V CONEDU - CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Anais... Campina Grande: Realize Editora, 2018, p. 123-135.

VEIGA, J. E. da. Indicadores de sustentabilidade. *Estudos avançados*, v. 24, n. 70, p. 39-52, 2010. doi: 10.1590/S0103-40142010000100004