

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL FREDERICO GUILHERME SCHMIDT

TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA



**CONVERSOR DE ENERGIA ATRAVÉS DA PIEZOELETRICIDADE PARA
QUADRAS ESPORTIVAS**

GIOVANA MESQUITA

KETLYN LANES

LUANA LORETO

SÃO LEOPOLDO

2025

GIOVANA MESQUITA

KETLYN LANES

LUANA LORETO

**CONVERSOR DE ENERGIA ATRAVÉS DA PIEZOELETRICIDADE PARA
QUADRAS ESPORTIVAS**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso Técnico apresentado ao Curso de Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Frederico Guilherme Schmidt como requisito para aprovação nas disciplinas do curso sob orientação do professor André Furtado e coorientação do professor Deny Pontin.

SÃO LEOPOLDO

2025

RESUMO

O projeto Conversor de Energia Através da Piezoeletricidade para Quadras Esportivas tem como objetivo desenvolver um sistema capaz de gerar eletricidade sustentável a partir do impacto dos movimentos de atletas em ambientes esportivos. A proposta surge diante da crescente demanda energética e da necessidade de soluções de baixo impacto ambiental. O sistema utiliza pastilhas piezoelétricas instaladas sob pisos modulares, que convertem a energia cinética de saltos e aterrissagens em energia elétrica. Essa eletricidade pode ser armazenada em baterias de íon-lítio e utilizada para alimentar a iluminação e os placares eletrônicos das quadras, reduzindo a dependência de fontes convencionais. O problema investigado consiste em compreender como a implementação dessa tecnologia pode contribuir para a geração de energia limpa em espaços esportivos. O trabalho tem como objetivo geral desenvolver um protótipo funcional que une esporte, tecnologia e sustentabilidade, e como objetivos específicos a criação de sistemas de armazenamento e distribuição, a análise do potencial de geração em modalidades como handebol e basquete e a promoção do uso consciente de recursos energéticos. A fundamentação teórica aborda conceitos de energia elétrica, cinética, piezoeletricidade, sustentabilidade, eficiência energética urbana e biomecânica do movimento humano. A metodologia adota caráter aplicado, experimental e quantitativo, envolvendo a instalação de pastilhas piezoelétricas acopladas a um circuito com ponte retificadora, regulador de tensão, Arduino UNO, LEDs, display OLED e baterias, além do uso de materiais recicláveis como tampas PET. Espera-se comprovar a viabilidade da geração de energia limpa em quadras esportivas, reduzir custos com iluminação e incentivar práticas ambientais sustentáveis, consolidando o projeto como alternativa inovadora e complementar às formas tradicionais de produção elétrica.

Palavras-chave: piezoeletricidade; energia limpa; quadras esportivas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arduino UNO	23
Figura 2 – Pastilha Piezoelétrico	24
Figura 3 – Banco de Bateria de íon Lítio	24
Figura 4 – Regulador de Tensão	25
Figura 5 – Piso Esportivo Modular de Plástico	25
Figura 6 – Ponte Retificadora	26
Figura 7 – LED Vermelha	26
Figura 8 – LED Verde	26
Figura 9 – Tampa Garrafa PET	27
Figura 10 – Display OLED	27
Figura 11 – Esquema Elétrico	29
Figura 12 – Fluxograma Programação do Arduino	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estado da Arte	13
Tabela 2 – Cronograma	32
Tabela 3 – Recursos	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
FRS	Força de Reação do Solo
IDE	Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino)
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emissor de Luz)

LISTA DE SÍMBOLOS

mW	Miliwatt
kN	Quilonewton
MWh	Megawatt-hora
Hz	Hertz

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO	11
1.2 PROBLEMA	11
1.3 OBJETIVOS	11
1.3.1 Objetivo Geral	11
1.3.2 Objetivos Específicos	11
1.4 JUSTIFICATIVA	12
2 ESTADO DA ARTE	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1 ENERGIA ELÉTRICA	16
3.2 ENERGIA CINÉTICA	16
3.3 PIEZOELETRICIDADE	17
3.4 ESPORTES	17
3.4.1 Esportes Individuais	18
3.4.2 Esportes Coletivos	18
3.5 SUSTENTABILIDADE	19
3.6 INFRAESTRUTURAS URBANAS	19
3.6.1 Infraestruturas Esportivas	20
3.6.2 Eficiência Energética em Áreas Urbanas	20
3.7 BIOMECÂNICA DO MOVIMENTO HUMANO	21
3.8 ANÁLISE BIOMECÂNICA ISOLADA	21
3.8.1 Cinemetria	22
3.8.2 Dinamometria	22
3.9 FORÇA DE ATRITO	23
3.10 COMPONENTES	23
3.10.1 Arduino UNO	23
3.10.2 Pastilha Piezoelétrico	24
3.10.3 Banco de Bateria de íon Lítio	24
3.10.4 Regulador de Tensão	25
3.10.5 Piso Esportivo Modular de Plástico	25
3.10.6 Ponte Retificadora	26
3.10.7 LEDs	26
3.10.8 Tampas Garrafa PET	27
3.10.9 Display OLED	27
4 METODOLOGIA	28
4.1 TIPO DE PESQUISA	28
4.2 ESQUEMA ELÉTRICO	29
4.3 PROGRAMAÇÃO	30
4.3.1 Fluxograma Programação Arduino UNO	30
4.4 FUNÇÃO DOS COMPONENTES	30

4.4.1 Arduino	30
4.5.2 Pastilha Piezoelétrico	30
4.5.3 Banco de Bateria de Lítio	31
4.5.4 Regulador de Tensão	31
4.5.5 Piso Esportivo Modular de Plástico	31
4.5.6 Ponte Retificadora	31
4.5.7 Tampas de Garrafa PET	31
4.5.8 LEDs	31
4.5.9 Display OLED	32
5 CRONOGRAMA	33
6 RECURSOS	34
7 RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS	35
REFERÊNCIAS	36
ANEXO	41

1 INTRODUÇÃO

O tempo presente é marcado por diversos tipos de desastres ambientais. As mudanças climáticas têm contribuído para o aumento de eventos climáticos extremos, como inundações que devastaram cidades, resultando em perdas econômicas, sociais e ambientais significativas (IBGE, 2024). Desta forma, a atual conjuntura social demanda soluções sustentáveis e a mudança da forma como se lida com o planeta. Smil (2017) mostra como a energia, especialmente a elétrica, é parte fundamental da vida cotidiana – ele explica que, ao longo da história, todas as grandes transformações sociais e econômicas aconteceram junto com mudanças na forma como é utilizada e como é gerada a energia.

Frente a isso, repensar a forma como a energia é gerada e utilizada é essencial, como aponta Smil (2017), ao destacar que todas as grandes transformações sociais e econômicas estiveram ligadas a mudanças no uso da energia. Assim, o desenvolvimento de tecnologias que aproveitem fontes alternativas e limpas, como as placas piezoelétricas instaladas em quadras esportivas, representa uma resposta concreta a essa demanda.

Desta forma, este estudo propõe o desenvolvimento de um conversor de energia através da piezoeletricidade para quadras esportivas. O Conversor de Energia Através da Piezoeletricidade para Quadras Esportivas utiliza a energia cinética gerada pelos movimentos de atletas em uma quadra poliesportiva e a transforma em eletricidade. A energia cinética será convertida em energia elétrica por meio de placas piezoelétricas instaladas no piso das áreas esportivas. Essas placas captam a energia gerada pelo impacto dos atletas durante suas atividades como saltos e aterrissagens, e transformam essa energia cinética em eletricidade. A eletricidade gerada, será utilizada para alimentar a iluminação do local em que a energia é gerada, bem como placares eletrônicos.

Assim, acredita-se que o desenvolvimento do Conversor de Energia Através da Piezoeletricidade para Quadras Esportivas representa um passo importante rumo a um futuro mais sustentável, alinhando tecnologia moderna com práticas esportivas.

1.1 TEMA E SUA DELIMITAÇÃO

O projeto propõe a instalação de placas piezoelétricas em quadras esportivas, com o objetivo de converter a energia cinética gerada pelos saltos e aterrissagens dos atletas em energia elétrica, utilizando o efeito piezoelétrico.

1.2 PROBLEMA

Como a implementação de um conversor de energia através da piezoelectricidade em quadras esportivas pode contribuir para a geração de eletricidade sustentável e a redução do consumo energético convencional?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um conversor de energia através da piezoelectricidade para quadras esportivas que converte os movimentos de atletas em uma quadra poliesportiva em energia elétrica, visando alimentar a iluminação e os placares eletrônicos do local. A proposta busca integrar práticas esportivas com soluções sustentáveis, alinhando inovação tecnológica à conscientização ambiental e contribuindo para a redução do consumo de energia elétrica convencional.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Criar um sistema para armazenar e distribuir eficientemente a energia gerada para iluminação e equipamentos esportivos.
- Implementar a energia gerada na alimentação de sistemas elétricos locais, como a iluminação da quadra e placares eletrônicos.
- Desenvolver sistema que converta energia cinética em elétrica, adequado às quadras esportivas.

- Analisar o potencial de geração de energia cinética em jogos de handebol e basquete.

- Integrar tecnologia, sustentabilidade e esporte, incentivando o uso consciente de energia.

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo a EPE (Empresa de Pesquisa Energética, 2024), o consumo de energia elétrica no Brasil terá um crescimento médio de 2,9% ao ano até 2030 e de 1,4% a 2,2% até 2050, pressionando ainda mais a necessidade de fontes alternativas. Contudo, atualmente ainda pouco se fala em sustentabilidade em ambientes esportivos. Em outros países, como o Reino Unido, iniciativas como pisos cinéticos já são utilizadas para gerar energia a partir do movimento das pessoas (Pavegen, 2020), sendo capazes de produzir de 2 a 4 Joules por passo. Essa tecnologia, se aplicada em ambientes esportivos, poderia aproveitar a intensa movimentação para gerar energia de forma limpa e progressista. A energia elétrica, responsável por uma grande parcela do consumo de recursos naturais e emissão de gases de efeito estufa, é um dos principais setores que precisa ser repensado. De acordo com o Ministério de Minas (2024), no cenário mundial o Brasil tem uma posição privilegiada em termos de energias limpas e renováveis, 88% de nossa matriz elétrica é limpa e sustentável, porém uma minoria é voltada aos ambientes esportivos .

O Conversor de Energia Através da Piezoeletricidade para Quadras Esportivas, visa a convergência entre inovação tecnológica e práticas cotidianas, como o esporte. Em um estudo preliminar, constatou-se que durante uma competição profissional de Handebol oficial são realizados em média 998 saltos e 836 aterrissagens e cada uma dessas ações é capaz de gerar energia. Ao longo deste trabalho, serão descritos os testes realizados e os cálculos feitos. A geração de energia a partir dos movimentos dos atletas em uma quadra poliesportiva representa uma oportunidade única de aproveitar uma fonte de energia ainda inexplorada de maneira sistemática: a energia gerada pelo corpo humano durante a prática esportiva. O conversor será testado em quadras e ginásios, onde haverá a conversão de energia cinética em energia elétrica. Em um estudo de Mota (2021), a piezoeletricidade aplicada em locais com grande circulação de pessoas demonstrou

resultados promissores na geração de energia. A eficiência energética nas áreas urbanas tem se tornado cada vez mais essencial, principalmente com o crescimento das cidades e o aumento no consumo de energia. Pensar em soluções que ajudem a economizar, como aproveitar melhor a luz do dia, usar materiais que mantêm o ambiente interno mais agradável e evitar o uso excessivo de ar-condicionado, é algo que faz diferença tanto no bolso quanto no meio ambiente. O artigo Eficiência Energética em Edificações Urbanas no Brasil, escrito por Silvio Burratini e outros autores, traz justamente essa discussão. Eles analisam como o clima urbano e os materiais usados nas construções influenciam diretamente no consumo de energia, principalmente em prédios residenciais e comerciais. Essa abordagem se conecta com a proposta do nosso trabalho, que busca contribuir com a eficiência energética através do uso da piezoelectricidade para converter energia cinética em elétrica. Assim como no artigo, a ideia central é pensar alternativas que tornem os espaços urbanos mais inteligentes e sustentáveis, aproveitando melhor a energia que já está presente no ambiente. Mesmo aquela que em geral passaria despercebida, como o simples ato de pisar no chão elétrica a partir das vibrações provocadas pelo deslocamento humano. Nas simulações computacionais, a maior potência gerada foi de 648,8 mW, com carga de 10,2 kN e frequência de 20 Hz, utilizando quatro células piezoelétricas espaçadas. Já nos testes laboratoriais, a melhor resposta ocorreu com oito células, alcançando 226,9 mW sob as mesmas condições. Em cenários ideais, o sistema poderia gerar até 76,56 MWh por mês, evidenciando seu potencial como fonte complementar e sustentável de energia. Além dos benefícios ambientais, essa abordagem também traz vantagens econômicas. Em ambientes esportivos, como ginásios e quadras poliesportivas, a iluminação e os placares eletrônicos são grandes consumidores de energia elétrica. A adoção do Conversor de Energia Através da Piezoelectricidade para Quadras Esportivas pode reduzir os custos com consumo de energia e, ao mesmo tempo, promover uma maior conscientização sobre a importância do uso sustentável dos recursos energéticos.

Este estudo é fundamentado pela necessidade urgente de se buscar soluções inovadoras e práticas para a geração de energia limpa, especialmente em contextos que envolvem grandes concentrações de pessoas, como eventos esportivos. O Conversor de Energia Através da Piezoelectricidade para Quadras Esportivas representa uma combinação de tecnologia, esporte e sustentabilidade, e sua implementação pode ser um passo significativo para a construção de um futuro mais

verde, eficiente e responsável. Com isso, não só se propõe uma alternativa para a geração de energia, mas também se busca fomentar uma cultura de sustentabilidade e conscientização, alinhada com os desafios ambientais e sociais do nosso tempo.

2 ESTADO DA ARTE

Presume-se que a pesquisa em Piezoelectricidade também retrata uma forma de relação por fontes de energia sustentável. No propósito de realizar uma aproximação com o fenômeno estudado, realizou-se uma pesquisa no portal Catálogo e Dissertações da CAPES, buscando conhecer a produção na área pesquisada. A primeira análise foi realizada em junho/2025.

Nessa busca, investigamos as Teses e Dissertações disponíveis nos itens Engenharia III e IV, com foco nos últimos cinco anos. Foi utilizado o termo de busca “Piezoelectricidade”, e o sistema retornou 10 resultados de Teses. Após a análise dos resumos, foram selecionadas 03 Teses que abordavam diretamente o tema Piezoelectricidade, dentro de contextos relevantes à área de energia sustentável.

Tabela 1 - Estado da Arte

Pesquisa	Autoria	Ano de publicação
Uma investigação sobre coletores de energia mecânica piezoelétricos para fontes multidirecionais	Virgilio Junior Caetano	2022
Captação e geração de energia no pavimento rodoviário com a aplicação de células piezoelétricas	Bruno Cavalcante Mota	2021
Geração de energia elétrica através de energia vibracional utilizando transdutores	Iusley de Sousa Lacerda	2021

piezoelétricos		
----------------	--	--

Fontes: Autoras (2025)

Seguido da seleção realizada, o precursor dos trabalhos de pesquisa buscando a viabilidade de fontes auto sustentáveis foi Cavalcante (2021). Neste trabalho, o primeiro autor avaliou o potencial de geração de energia elétrica em pavimentos rodoviários utilizando células piezoelétricas. Foram conduzidas simulações multi físicas, ensaios laboratoriais e estimativas em ambiente real. Os resultados demonstraram viabilidade técnica da solução, com geração de até 76,56 MWh/mês em condições ideais, e mostraram forte influência de variáveis como carga, espaçamento e número de células.

A pesquisa de Souza (2021) detalha o desenvolvimento de um sistema que alimenta sensores de temperatura usando transdutores piezoelétricos e conversor buck DC-DC. Nos testes com diferentes circuitos demonstraram que o uso do chip LTC3588-1 elevou a autonomia do sistema, mesmo com potências reduzidas (máximo de 8,88 mW). Este trabalho foi útil para nossas pesquisas por fornecer valores obtidos em pesquisas anteriores.

O estudo mais recente da seleção, de Caetano (2022) investiga diferentes definições geométricas de colhedores piezoelétricos (em estrela, circular e tipo pizza) para potencializar a captação de energia em diferentes direções e frequências. Através da modelagem por elementos limitados e melhora numérica, identificou-se que os modelos multimodais são superiores aos comuns em desempenho, sendo eficazes em ambientes com vibração.

A partir desses estudos, o Conversor de Energia Através da Piezoeletricidade para Quadras Esportivas pode ser pensado e elaborado com eficiência de forma que possa ser aproveitado e atinja a qualidade proposta pelo projeto. Os estudos realizados agregam significativamente no desenvolvimento do trabalho, ao fornecer dados concretos, referências técnicas e normativas que orientaram a definição das soluções adotadas. Estes estudos permitiram analisar a viabilidade, funcionalidade e conformidade do Conversor de Energia Através da Piezoeletricidade para Quadras Esportivas com os requisitos estabelecidos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ENERGIA ELÉTRICA

A descoberta da energia elétrica representou um marco revolucionário para a humanidade, tornando possível o surgimento das metrópoles iluminadas que conhecemos atualmente, além de viabilizar a vasta gama de dispositivos eletrônicos e máquinas que operam com sua energia.

A partir das últimas décadas do século 19, a energia elétrica começou a ser introduzida no Brasil por iniciativa do imperador Dom Pedro II, que convidou Thomas Alva Edison a trazer ao país seus equipamentos e tecnologias recém-desenvolvidos.

No Brasil, a primeira demonstração de iluminação elétrica aconteceu no Rio de Janeiro, em 1879, durante a inauguração da Estrada de Ferro Dom Pedro II. Posteriormente, em 1883, o imperador inaugurou em Campos (RJ) a primeira rede de iluminação pública, que era alimentada por uma máquina a vapor. Nesse mesmo ano, foi realizada a primeira experiência de geração hidrelétrica em Diamantina (MG), com a instalação de uma pequena usina no Ribeirão do Inferno, promovida por uma empresa interessada na extração de diamantes. Assim, a eletricidade passou a se concretizar como uma tecnologia acessível, fruto da união entre ciência e inovação, transformando-se em um recurso valioso com múltiplas aplicações (Santos e Reis 2002, p. 17).

A energia elétrica, símbolo da modernidade, impulsionou o progresso industrial ao aumentar a produção e o desenvolvimento. Também transformou o perfil social e urbano, permitindo a ocupação de novos espaços e promovendo o crescimento das cidades com a implantação da iluminação pública e privada.

As principais grandezas da energia elétrica incluem corrente elétrica (I), que é o fluxo de cargas elétricas e cuja unidade é o ampère (A); tensão elétrica (V), ou voltagem, que mede a energia necessária para deslocar cargas, com unidade em volt (V); resistência elétrica (R), que representa a oposição à passagem da corrente e é medida em ohm (Ω); e potência elétrica (P), que é a energia consumida ou fornecida por unidade de tempo, medida em watt (W) (PETRY, 2007).

3.2 ENERGIA CINÉTICA

A palavra "cinética" tem origem no termo grego *kinesis*, que significa movimento. No entanto, a expressão "energia cinética" foi introduzida pelo físico William Thomson. A energia cinética é uma forma essencial de energia associada ao movimento de um corpo, sendo fundamental para a compreensão de diversos fenômenos na física. Este conceito é crucial para a compreensão de diversos fenômenos físicos, desde o movimento de partículas subatômicas até o comportamento de objetos macroscópicos em nosso cotidiano. Ela está diretamente relacionada à massa do corpo e à velocidade com que ele se desloca. Onde E_c representa a energia cinética em joules, m é a massa do corpo em quilogramas e v é a velocidade em metros por segundo.

3.3 PIEZOELETRICIDADE

A piezoelectricidade é a capacidade que alguns materiais, como o quartzo e certas cerâmicas, têm de gerar eletricidade quando sofrem pressão ou são esticados. Isso acontece porque a estrutura interna desses materiais possui cargas elétricas equilibradas que ao serem deformadas, se organizam e criam uma diferença de potencial elétrico. O fenômeno também funciona ao contrário: quando aplicamos uma tensão elétrica nesses materiais, eles se deformam um pouco.

3.4 ESPORTES

De acordo com Tubino (1998), o esporte deve ser entendido como um fenômeno social que vai muito além da prática corporal ou da competição. Ele destaca que o esporte faz parte da cultura e pode contribuir para a formação do ser humano em vários aspectos físico, emocional e social. Além disso, o autor defende que o esporte tem um papel importante na inclusão social e na construção da cidadania, já que promove valores como respeito, convivência em grupo e superação de limites. Essa visão mais ampla ajuda a perceber que o esporte não é só uma atividade de lazer, mas também uma ferramenta educativa e transformadora dentro da sociedade.

3.4.1 Esportes Individuais

Esportes individuais são esportes praticados por uma única pessoa. Sem a necessidade de interação direta com outros atletas, esses esportes têm foco no indivíduo, sendo o atleta o único responsável pelo seu desenvolvimento. Esses esportes geralmente exigem habilidades específicas como força, velocidade e resistência. Atletismo, natação e ginástica são exemplos de esportes individuais.

3.4.2 Esportes Coletivos

Esportes coletivos são esportes praticados em grupo, onde a interação entre os atletas é essencial. A cooperação, a comunicação e o trabalho em equipe são fundamentais para o sucesso, já que o desempenho individual afeta diretamente o rendimento coletivo. Esses esportes desenvolvem habilidades sociais, estratégicas e físicas. Futebol, handebol e basquete são exemplos de esportes coletivos.

3.4.2.1 Handebol

Segundo Herbst e Lara (2011), o handebol é um esporte coletivo que vai além da atividade física, pois envolve aspectos técnicos, táticos, emocionais e sociais. As autoras destacam que o jogo exige raciocínio rápido, cooperação entre os jogadores, cumprimento de regras e domínio de diferentes fundamentos como passe, drible, arremesso e finta. Além disso, o handebol contribui para o desenvolvimento do corpo, da coordenação e também das relações interpessoais, sendo uma ferramenta importante no ambiente escolar quando bem trabalhado por professores de Educação Física. O esporte, quando inserido de forma pedagógica, pode estimular a autoconfiança, o respeito e o trabalho em equipe, o que reforça seu valor formativo.

3.4.2.2 Basquete

O professor Rogério Werneck, criador do projeto BOLAR, é autor do livro "Basquetebol – Fundamentos, Práticas e Valores", no qual destaca a importância do esporte na formação pessoal. O basquete é um jogo coletivo que desenvolve técnica, cooperação e valores como disciplina e respeito.

3.5 SUSTENTABILIDADE

Segundo Bianca Mendes Lopes, autora da monografia "Sustentabilidade e Educação Ambiental no Ensino Fundamental", sustentabilidade é o equilíbrio entre o desenvolvimento humano e a preservação do meio ambiente. Ela defende que atitudes cotidianas como economizar recursos, evitar desperdícios e respeitar a natureza são essenciais. Além disso, destaca a importância da educação ambiental na formação de cidadãos conscientes e comprometidos com o futuro do planeta.

3.6 INFRAESTRUTURAS URBANAS

A infraestrutura urbana inclui todos os serviços e estruturas físicas essenciais para o funcionamento das cidades: transporte, energia, água, saneamento, mobilidade, espaços públicos, entre outros (Maricato, 2011). Com a crescente preocupação com a sustentabilidade, têm-se incorporado tecnologias que tornam esses elementos mais eficientes, como sensores, automação e fontes de energia renovável.

Cada passo, corrida ou salto pode ser transformado em eletricidade, integrando energia limpa à paisagem urbana sem a necessidade de grandes reformas estruturais. Duarte et al. (2020) abordam essa ideia ao tratar das cidades como fontes de energia renovável, defendendo o uso de tecnologias que aproveitem os fluxos naturais da cidade para geração descentralizada de energia. Essa tendência também é respaldada pelo relatório da ONU-Habitat (2022), que destaca a importância de infraestruturas urbanas inteligentes e resilientes.

3.6.1 Infraestruturas Esportivas

A infraestrutura esportiva compreende os espaços, equipamentos e sistemas que viabilizam a prática de atividades físicas e esportes — como quadras, ginásios, pistas, vestiários e sistemas de iluminação e drenagem (Ministério do Esporte, 2013). Esses espaços são fundamentais para o desenvolvimento da saúde, da educação física escolar e da cultura esportiva em geral.

Gallardo et al. (2021) destacam que a implementação de práticas sustentáveis em espaços esportivos promove não só economia, mas também consciência ambiental entre os usuários. Um exemplo prático é o sistema desenvolvido pela empresa britânica Pavegen, que transforma passos em energia elétrica por meio de ladrilhos piezoelétricos instalados no solo (Pavegen, 2020). Tais tecnologias estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, em especial o ODS 11, que visa tornar as cidades e comunidades mais sustentáveis e resilientes (ONU, 2015).

3.6.2 Eficiência Energética em Áreas Urbanas

A eficiência energética nas áreas urbanas tem se tornado cada vez mais essencial, principalmente com o crescimento das cidades e o aumento no consumo de energia. Pensar em soluções que ajudem a economizar, como aproveitar melhor a luz do dia, usar materiais que mantêm o ambiente interno mais agradável e evitar o uso excessivo de ar-condicionado, é algo que faz diferença tanto no bolso quanto no meio ambiente. O artigo Eficiência Energética em Edificações Urbanas no Brasil, escrito por Silvio Burratini e outros autores, traz justamente essa discussão. Eles analisam como o clima urbano e os materiais usados nas construções influenciam diretamente no consumo de energia, principalmente em prédios residenciais e comerciais. Essa abordagem se conecta com a proposta do nosso trabalho, que busca contribuir com a eficiência energética através do uso da piezoelectricidade para converter energia cinética em elétrica. Assim como no artigo, a ideia central é pensar alternativas que tornem os espaços urbanos mais inteligentes e sustentáveis,

aproveitando melhor a energia que já está presente no ambiente. Mesmo aquela que em geral passaria despercebida, como o simples ato de pisar no chão.

3.7 BIOMECÂNICA DO MOVIMENTO HUMANO

A biomecânica do movimento humano estuda como o corpo se movimenta e como as forças internas e externas atuam sobre ele. Essa área é essencial para projetos que utilizam piezoelectricidade em pisos esportivos, pois permite entender como a energia dos movimentos corporais pode ser convertida em eletricidade. Durante a caminhada e a corrida, o corpo exerce sobre o solo forças verticais que variam entre 1 a 2,5 vezes o peso corporal, e essa força pode ser captada por sensores instalados sob o piso (Novacheck, 1998). A biomecânica se relaciona diretamente com áreas como a cinemetria, que analisa o deslocamento e a velocidade dos movimentos; a dinamometria, que mede o impacto das forças aplicadas ao solo (Winter, 2009); e o estudo da força de atrito, que influencia tanto o desempenho do movimento quanto a eficiência na conversão de energia. A compreensão dessas variáveis ajuda no posicionamento estratégico dos sensores piezoelétricos, otimizando a captação de energia gerada em atividades físicas. Com isso, a biomecânica fornece subsídios importantes para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis em ambientes esportivos e urbanos.

3.8 ANÁLISE BIOMECÂNICA ISOLADA

A análise biomecânica isolada consiste no estudo individualizado de variáveis específicas do movimento humano, como força, aceleração ou deslocamento, sem considerar as demais influências envolvidas no gesto completo (Knudson, 2007). Essa abordagem permite uma avaliação precisa da contribuição de cada segmento corporal ou tipo de movimento para a geração de energia.

Quando se deseja converter energia mecânica em elétrica, por meio de pisos piezoelétricos, essa análise é valiosa para definir exatamente onde e como ocorrem os maiores impactos. Por exemplo, ao isolar a análise da força vertical durante o salto, pode-se identificar o momento de maior compressão no solo, ideal para instalação de sensores. Ranavolo et al. (2008) destacam que a combinação entre métodos cinemáticos e dinamométricos aumenta a exatidão na estimativa da

potência, especialmente quando se observa cada articulação ou membro separadamente.

3.8.1 Cinemetria

A cinemetria refere-se ao conjunto de técnicas voltadas para mensurar e analisar os parâmetros cinemáticos do movimento humano como posição, orientação, velocidade e aceleração, sem considerar as forças que os causam (Winter, 1990). A coleta desses dados é feita por dispositivos como câmeras de vídeo, goniômetros, acelerômetros e sistemas optoeletrônicos, que, aliados a softwares específicos, permitem uma análise detalhada da cinemática de diferentes segmentos corporais.

A cinemetria é essencial para identificar quais movimentos geram maiores deslocamentos e velocidades. Com isso, é possível localizar os pontos ideais para instalação dos sensores, aproveitando os momentos de maior impacto do corpo sobre o solo, especialmente em ações como saltos, deslocamentos rápidos e mudanças de direção.

3.8.2 Dinamometria

A dinamometria é a técnica utilizada para medir a força produzida pelo corpo humano, sobretudo a força de reação do solo (FRS), por meio de equipamentos como plataformas de força, células de carga e sensores piezoelétricos (Winter, 2009). Esses dados são cruciais para o entendimento da biomecânica do movimento e para estimar parâmetros como impulso, potência e trabalho mecânico.

Estudos como o de Arampatzis et al. (2000) demonstram que a potência mecânica durante o salto pode ser prevista com base na FRS, o que permite estimar com mais precisão o rendimento de sistemas de colheita de energia (“energy harvesting”). Já Samozino et al. (2008) propõem métodos acessíveis para medir força, velocidade e potência em saltos verticais, o que é especialmente útil para esportes como handebol e basquete, onde há alto impacto com o solo.

3.9 FORÇA DE ATRITO

A força de atrito é a resistência ao deslizamento entre duas superfícies (no caso, entre os calçados dos atletas e o piso da quadra) e é determinada pelo coeficiente de atrito e pela força normal (Hall, 2013). Essa força desempenha um papel duplo em pisos com sensores piezoelétricos: é crucial para evitar escorregões e quedas, e também influencia na eficiência da conversão de energia.

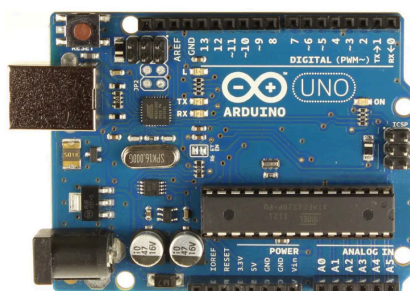
Isso porque parte da força tangencial que gera o atrito pode causar deformações nos materiais piezoelétricos, contribuindo para a produção de energia elétrica. Nishikawa et al. (2002) analisaram o atrito em diferentes tipos de pisos e constataram que movimentos multidirecionais, como cortes e mudanças de direção, geram picos de força lateral que podem ser aproveitados por sistemas de captação energética.

3.10 COMPONENTES

3.10.1 Arduino UNO

O Arduino é uma plataforma de código aberto, o que permite que qualquer pessoa acesse, modifique e compartilhe tanto o hardware quanto o software. A placa possui design modular, com pinos e conexões que facilitam a instalação de sensores, LEDs, motores e acessórios como shields, que adicionam funcionalidades extras. Ele vem acompanhado de um IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) compatível com Windows, macOS e Linux, onde é pos

Figura 1 - Arduino UNO



Fonte: Eletrodex (2021)

3.10.2 Pastilha Piezoelétrico

A pastilha piezoelétrica é um componente eletrônico essencial para o desenvolvimento do projeto que utiliza o efeito piezoelétrico para converter energia mecânica em elétrica e vice-versa. Esse efeito ocorre quando materiais como cerâmicas piezoelétricas geram uma tensão elétrica quando submetidos a deformações mecânicas, ou se deformam quando uma tensão elétrica é aplicada.

Figura 2 - Pastilha Piezoelétrico



Fonte: 4Hobby (2025)

3.10.3 Banco de Bateria de íon Lítio

O banco de bateria de lítio 12V - 2200mAh será responsável por conservar a energia obtida por meio da conversão da energia cinética, permitindo seu uso futuro de forma controlada e segura. Essa escolha ocorreu pela eficiência, durabilidade e capacidade de recarga deste tipo de baterias.

Figura 3 - Banco de Bateria de íon Lítio



Fonte: Goldpower (2025)

3.10.4 Regulador de Tensão

Antes de chegar às baterias, a energia passa por um regulador de tensão, que tem a função de estabilizar e adequar os níveis de tensão para garantir que o armazenamento ocorra de maneira eficiente e sem sobrecargas.

Figura 4 - Regulador de Tensão

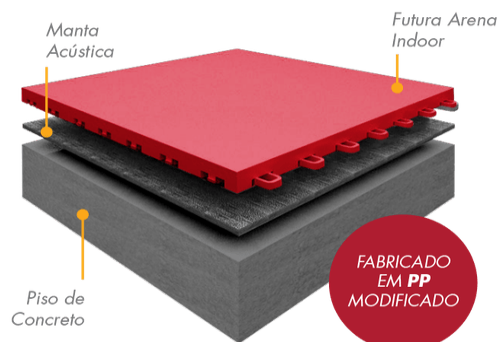


Fonte: Usinainfo (2025)

3.10.5 Piso Esportivo Modular de Plástico

O piso esportivo modular de polipropileno é composto por placas encaixáveis, de fácil instalação e desmontagem, sem uso de cola ou geração de entulho. Pode ser usado em áreas internas e externas, oferecendo absorção de impacto, superfície antiderrapante e conforto. É reutilizável, personalizável e permite demarcações para esportes como basquete e handebol.

Figura 5 - Piso Esportivo Modular de Plástico



Fonte: Sport It (2025)

3.10.6 Ponte Retificadora

A ponte retificadora tem a função de converter a corrente alternada (CA), gerada por dispositivos como o piezoelétrico, em corrente contínua (CC), permitindo que a energia seja usada por circuitos eletrônicos que exigem tensão contínua.

Figura 6 - Ponte Retificadora

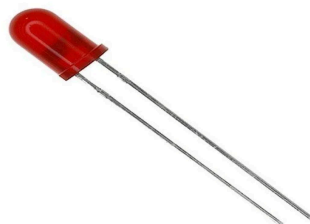


Fonte: Usinainfo (2025)

3.10.7 LEDs

Os LEDs são usados para iluminar locais e ambientes onde sua instalação é mais prática ou vantajosa do que a de uma lâmpada convencional.

Figura 7 - LED Vermelha



Fonte: Eletrogate (2023)

Figura 8 - LED Verde



Fonte: Eletrogate (2023)

3.10.8 Tampas Garrafa PET

As tampas de garrafa PET são pequenos objetos de plástico duro, geralmente rosqueáveis, usados para vedar garrafas plásticas de refrigerante, água, sucos, entre outros. Apesar de parecerem parte da garrafa, elas são feitas de um plástico diferente.

Figura 9 - Tapa Garrafa PET



Fonte: Marpax (2023)

3.10.9 Display OLED

O Display OLED 0,96" I2C é uma tela compacta, mas repleta de funcionalidades avançadas, oferecendo níveis impressionantes de nitidez e contraste para as imagens reproduzidas. Diferentemente de outras tecnologias, o OLED possui sua própria fonte de luz, eliminando a necessidade de retroiluminação resultando em contrastes mais intensos e maior eficiência energética. Com sua pequena tela com alta nitidez e baixo consumo de energia, acaba sendo perfeita para pequenos projetos com microcontroladores como Arduino.

Figura 10 - Display OLED



Fonte: UsinaInfo (2025)

4 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste projeto descreve as etapas e procedimentos necessários para o desenvolvimento de um conversor de energia por piezoelectricidade aplicado a quadras esportivas. Inicialmente, foi definida a abordagem quantitativa, com objetivo exploratório e descritivo, visando analisar a eficiência da conversão de energia cinética em elétrica a partir do impacto gerado por atividades esportivas. Para isso, foram realizados estudos para identificar as áreas da quadra com maior incidência de impacto, definindo pontos estratégicos para a instalação do protótipo.

O desenvolvimento envolveu a utilização de placas piezoelétricas acopladas a sistemas de amortecimento, integradas a um circuito composto por ponte retificadora, regulador de tensão, banco de baterias e microcontrolador Arduino Uno, permitindo a captação, conversão e armazenamento da energia gerada.

4.1 TIPO DE PESQUISA

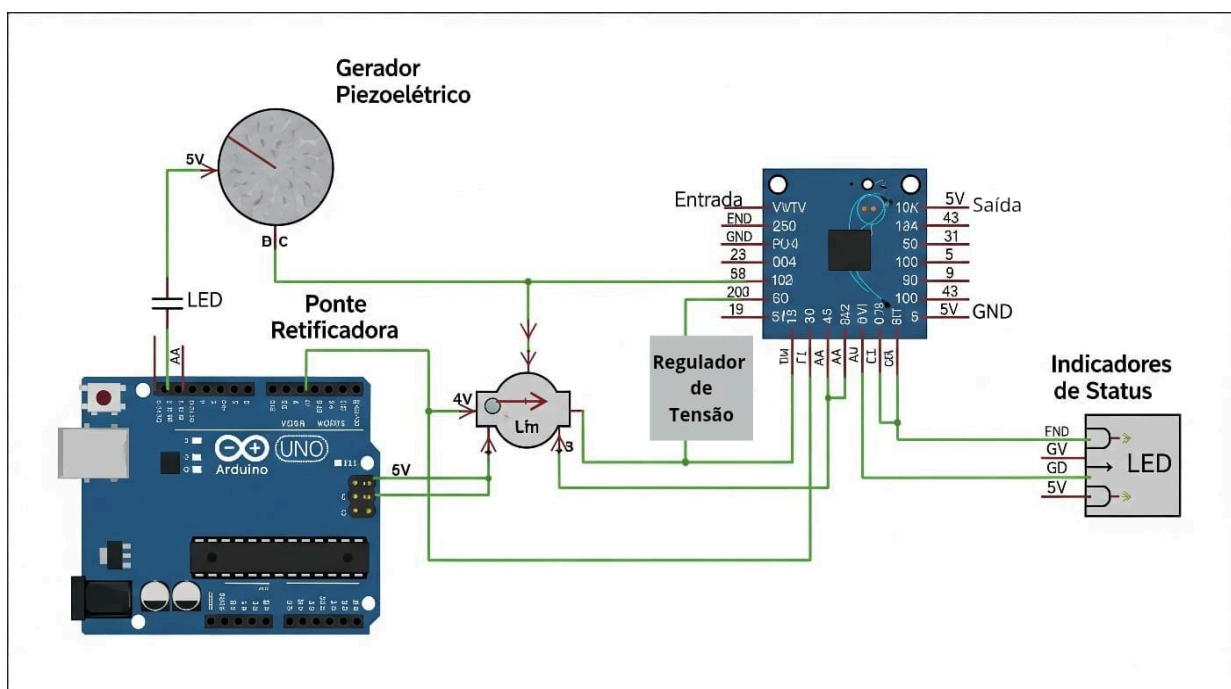
O estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada e experimental, com abordagem quantitativa, pois busca desenvolver e testar um protótipo funcional baseado na piezoelectricidade. Quanto aos objetivos, possui caráter exploratório e descritivo, pois investiga a aplicação dessa tecnologia em quadras esportivas e descreve os resultados obtidos por meio de medições e testes.

4.2 ESQUEMA ELÉTRICO

O funcionamento do esquema elétrico baseia-se na conversão da energia mecânica gerada pelos impactos no piso esportivo em energia elétrica utilizável. As pastilhas piezoelétricas instaladas sob o piso de polipropileno transformam a energia cinética em corrente alternada (CA), que é encaminhada à ponte retificadora para ser convertida em corrente contínua (CC). Em seguida, a energia passa pelo regulador de tensão, responsável por estabilizar a saída em 5V, garantindo segurança e eficiência no funcionamento dos componentes eletrônicos.

A energia estabilizada é armazenada no banco de baterias de lítio, permitindo o uso contínuo do sistema. O microcontrolador Arduino UNO atua como unidade central de controle, realizando a leitura dos níveis de tensão e acionando os dispositivos de saída. Os LEDs funcionam como indicadores visuais de status verde para carga adequada e vermelho para carga baixa, enquanto o display OLED exibe informações sobre o sistema, como o estado da bateria ou pontuações em aplicações esportivas.

Figura 11 - Esquema Elétrico

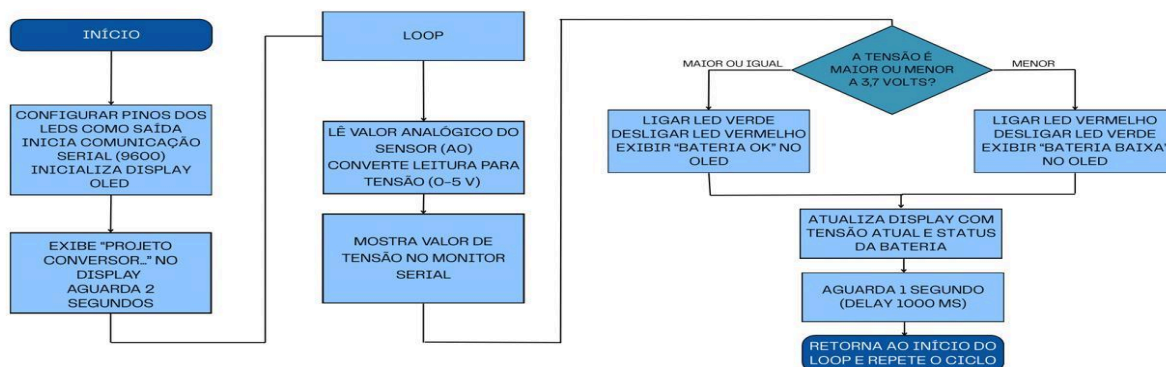


Fonte: Autoras (2025)

4.3 PROGRAMAÇÃO

4.3.1 Fluxograma Programação Arduino UNO

Figura 12 - Fluxograma Programação do Arduino



Fonte : Autoras (2025)

4.4 FUNÇÃO DOS COMPONENTES

4.4.1 Arduino

O Arduino funciona como o controlador central do projeto, responsável por processar dados e acionar os dispositivos de saída. Ele pode ser usado para indicar a bateria baixa por meio de LEDs de alerta, garantindo maior segurança e confiabilidade do sistema. Além disso, pode controlar um display, no qual é possível apresentar informações como um placar eletrônico de handebol, exibindo a pontuação e tornando o projeto mais interativo, didático e funcional.

4.5.2 Pastilha Piezoelétrico

As pastilhas piezoelétricas tem a função de captar a energia cinética gerada pelo impacto e atrito dos atletas com a placa e transformá-la em energia elétrica, que pode ser armazenada e utilizada no abastecimento de equipamentos do projeto, como LEDs de alerta e o display do placar.

4.5.3 Banco de Bateria de Lítio

O banco de baterias de lítio 12V – 2200mAh será responsável por armazenar a energia gerada a partir da conversão da energia cinética, possibilitando sua utilização posterior de maneira segura e controlada. A escolha desse modelo se deu devido à sua eficiência, longa vida útil e facilidade de recarga, características que o tornam ideal para o projeto.

4.5.4 Regulador de Tensão

Antes de ser direcionada às baterias, a energia passa por um regulador de tensão, cuja função é estabilizar e ajustar os níveis de tensão, assegurando que o armazenamento aconteça de forma eficiente e livre de sobrecargas.

4.5.5 Piso Esportivo Modular de Plástico

O piso esportivo modular de polipropileno serve como base para as pastilhas piezoelétricas, garantindo segurança, conforto e absorção de impacto aos atletas. Além disso, por ser reutilizável e personalizável, possibilita a demarcação da quadra e a integração da tecnologia de captação de energia sem prejudicar o uso esportivo.

4.5.6 Ponte Retificadora

A ponte retificadora tem como função transformar a corrente alternada (CA) produzida pelos dispositivos piezoelétricos em corrente contínua (CC), possibilitando que a energia seja aproveitada por circuitos eletrônicos que necessitam de tensão contínua para funcionar corretamente.

4.5.7 Tampas de Garrafa PET

Utilizadas como suporte e estruturação do protótipo, contribuindo também com o reaproveitamento de materiais recicláveis.

4.5.8 LEDs

Indicadores visuais que demonstram a geração e utilização da energia.

4.5.9 Display OLED

O Display OLED serve como interface de saída visual do Arduino, permitindo que os usuários acompanhem informações e resultados diretamente no protótipo.

5 CRONOGRAMA

Tabela 2 – Cronograma

2025	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Escolha do tema	X	X							
Levantamento de literatura científica		X	X	X	X	X			
Introdução			X						
Tema			X						
Problema			X						
Objetivos			X						
Justificativa			X						
Estado da Arte				X					
Fundamentação teórica				X	X				
Metodologia						X			
Cronograma						X			
Recursos						X			
Resultados esperados ou parciais						X			
Referências						X			
Avaliação do CRC							X		
Produção do Banner								X	
27ª Exposchmidt									X

Fonte: Autoras (2025)

6 RECURSOS

Estes são os recursos que serão utilizados, com base no objetivo de promover um protótipo acessível e com ótima qualidade.

Tabela 3 - Recursos

Material	Valor unitário	Quantidade	Valor total	Fonte	Data
LEDs	0,40	2	0,80	UsinaInfo	8 de setembro de 2025
Tampa de garrafa PET	0	9	0	Reciclável	8 de setembro de 2025
Ponte Retificadora	5,51	1	5,51	UsinaInfo	8 de setembro de 2025
Piso Esportivo Modular de Plástico	100,00	1	100,00	Sportit	8 de setembro de 2025
Regulador de Tensão	12,83	1	12,83	UsinaInfo	8 de setembro de 2025
Banco de Bateria de lítio	33,75	1	33,75	Mercado Livre	8 de setembro de 2025
Pastilha Piezoelétrico	1,90	9	17,10	Shopee	8 de setembro de 2025
Display OLED	25,46	1	25,46	UsinaInfo	8 de setembro de 2025
Arduino UNO	82,18	1	82,18	UsinaInfo	8 de setembro de 2025
Valor final: 277,63					

Fonte: Autoras (2025)

7 RESULTADOS ESPERADOS OU PARCIAIS

O presente projeto, fundamentado em sua base teórica, demonstra que é possível produzir energia limpa e renovável por meio da piezoelectricidade, utilizando os impactos e movimentos gerados em quadras esportivas. Ao aplicar princípios da conservação de energia aliados a pesquisas científicas recentes, foi possível construir uma base sólida que comprova a viabilidade técnica do Conversor de Energia Através da Piezoelectricidade para Quadras Esportivas. Além disso, o baixo custo de implementação do protótipo inicial cria expectativas para resultados práticos promissores, que poderão ser ampliados em versões futuras do projeto.

Durante a pesquisa, foram levantados aspectos relacionados às formas convencionais de geração de energia, como a hidrelétrica e a fotovoltaica. Embora sustentáveis, essas tecnologias apresentam limitações, seja pelo impacto ambiental de grandes obras ou pelo custo elevado de instalação. Nesse sentido, o Conversor de Energia Através da Piezoelectricidade para Quadras Esportivas surge como uma alternativa inovadora, sustentável e de menor impacto, aproveitando uma fonte de energia frequentemente ignorada: a energia cinética do corpo humano durante atividades esportivas.

Espera-se, portanto, o desenvolvimento de um protótipo capaz de demonstrar de maneira prática a teoria proposta, convertendo o impacto gerado pelos atletas em energia elétrica, armazenando-a em baterias e utilizando-a para alimentar LEDs e displays em quadras poliesportivas. Dessa forma, o projeto poderá contribuir para a redução de gastos com energia elétrica e incentivar o uso de soluções sustentáveis no esporte, colaborando para a construção de um futuro mais ecológico, tecnológico e eficiente.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, Evelise de Godoy; SOUSA, Maíra Nunes de; SCHERTEL, Marina Neubauer da Costa. Piso que transforma energia mecânica em eletricidade. Trabalho de Projeto em Energia III – Engenharia de Energia, UFRGS. Porto Alegre, 2014. Disponível em: https://docente.ifsc.edu.br/fabricio.saggin/sem171/TIEM_PI2/Pesquisa/6_Piezoel%C3%A9trico/GRUPO%20H.pdf . Acesso: 2025.

BAGUINSKI, Francisco. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS. Energia Cinética. Glossário AMLEF. Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/amlef/glossario/energia-cinetica/> . Acesso: 2025.

CAETANO, Virgilio Junior. An investigation of piezoelectric mechanical energy harvesters for broadband multi directional sources. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022. Acesso: 2025.

CAMARA, Vitória Luiza. Inovações tecnológicas sustentáveis: rumo a um futuro eco-friendly. Pet Sistemas de Informação UFSM. Santa Maria, 25 set. 2023. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/sistemas-de-informacao/2023/09/25/inovacoes-tecnologicas-sustentaveis-rumo-a-um-futuro-eco-friendly?amp> . Acesso em: 2025.

CANDIA, Jorge Alberto; OLIVEIRA, José Carlos de; GONÇALVES, Bruno; et al. Análise da eficiência energética em instalações desportivas. Revista Brasileira de Engenharia de Fatores Humanos, v. 9, n. 1, p. 18-27, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbefe/a/PmjBpDkZrRcMvzBfGX45Y6t> . Acesso: 2025.

CARNEIRO, Fernando Henrique Silva; ELICKER, Eliane; MAGALHÃES, Ywry Crystiano da Silva; PEREIRA, Claudia Catarino; MASCARENHAS, Fernando. O financiamento da infraestrutura urbana de esporte no Brasil: fontes, magnitude e direcionamento do orçamento federal de 2004 a 2019. *Licere: Revista do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Estudos do Lazer*, v. 25, n. 1. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/licere/article/download/39072/30190/124483> . Acesso: 2025.

COSTA, Bianca da Silva Lima Miconi. Um estudo sobre a sustentabilidade. 2019. Monografia (Especialização em Produção e Gestão do Ambiente Construído) — Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30920/1/MONOGRAFIA%20BIANCA%20ENCADERNADA%20em%20PDF.pdf> . Acesso: 2025.

CRUZ, Tânia Regina de Oliveira da; OLIVEIRA, Maria Clementina de. A sustentabilidade no mundo do esporte como transformação social. *Cairu em Revista*. Salvador, 2024. Disponível em: https://www.cairu.br/revista/arquivos/artigos/20242/01_SUSTENTABILIDADE_MUNDO_DO_ESPORTE.pdf . Acesso: 2025.

Dulce Mari e Paula Carolina. O handebol e sua estrutura. Canoinhas, 2021. Disponível em: <http://www.fundesporte.ms.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/Artigo-O-handebol-e-sua-estrutura.pdf> . Acesso: 2025.

FERREIRA, Júlio César Fonseca. Importância da infraestrutura urbana para as cidades pequenas, uma análise do distrito de Santo Amaro de Minas-MG. Santo Amaro, 2023. Disponível em: <https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/repositoriottcc/article/download/3554/2631/12454> . Acesso: 2025.

FERREIRA, Willer Mota. Dissertação: Desenvolvimento, caracterização e aplicação de material cerâmico piezoelétrico. Rio Verde, 2020. Disponível em: https://sistemas.ifgoiano.edu.br/sgcursos/uploads/anexos_14/2021-09-03-03-23-47Disserta%C3%A7%C3%A3o_%20Willer%20Mota%20Ferreira.pdf . Acesso em: 2025.

FRISEIRA, Lucas; AMUY, Guilherme; BRIETZKE, Otavio; BOVOY, Ana Luiza; AKL, Wissam. Atrito – Física 2. Sorocaba, 2019. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Extensao/Engenhocas/malunewtons.pdf> . Acesso: 2025.

GRANERO, G. O.; OLIVEIRA, A. P. F.; MUSA, V. S.; MENEZES, R. P. O processo defensivo do handebol: uma revisão sistemática. REVISTA DE CIÊNCIAS DEL DEPORTE, v. 18, p. 233-244, 2022. Acesso: 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável 2024. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/estatisticas-e-indicadores-ambientais/15838-indicadores-de-desenvolvimento-sustentavel.html> . Acesso: 2025.

BIAL, James Francisco. O Handebol e as capacidades físicas. Água Doce, 2021. Disponível em: https://aguadoce.sc.gov.br/uploads/sites/280/2021/11/2136798_9_ano_Educacao_Fisica___7_semana_25_05_ate_07_06.pdf . Acesso: 2025.

LACERDA, Iusley de Sousa. Geração de energia elétrica através de energia vibracional utilizando transdutores piezoelétricos. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Campina Grande, 2021. Acesso: 2025.

LANES, K. S.; MESQUITA, G. S.; LORETO, L. L.; FURTADO DA SILVA, André Osvaldo. O MOVIMENTO PÓS ARREMESSO: UMA ANÁLISE DAS ATERRISSAGENS EM JOGOS DE HANDEBOL. In: IX CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2025, São Paulo. Anais do XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO ESPORTE E IX CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2025.

LIMA, Rafael; SANTOS, João Pedro dos. Considerações sobre a eficiência energética em sistemas de climatização e ventilação em edificações comerciais e industriais. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. Disponível em: https://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/14_TDSE30ok.pdf. Acesso: 2025.

LORETO, L. L.; MESQUITA, G. S.; LANES, K. S.; FURTADO DA SILVA, André Osvaldo. ANÁLISE DOS ARREMESSOS NO HANDEBOL: EFETIVIDADE OFENSIVA EM QUADRAS ESPORTIVAS. In: IX CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2025, São Paulo. Anais do XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO ESPORTE E IX CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2025.

MESQUITA, G. S.; LORETO, L. L.; LANES, K. S.; FURTADO DA SILVA, André Osvaldo. A FREQUÊNCIA DE SALTOS EM QUADRANTES DE ATAQUE: UM ESTUDO QUANTITATIVO EM JOGOS OFICIAIS DE HANDEBOL. In: IX CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2025, São Paulo. Anais do XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO ESPORTE E IX CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2025.

MOTA, Bruno Cavalcante. Captação e geração de energia no pavimento rodoviário com a aplicação de células piezoelétricas. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Transportes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Fortaleza, 2021. Acesso: 2025.

RECCHIA, Maria Flávia Déo. Fabricação e caracterização de cerâmicas piezoelétricas do sistema $(K_{0,44}Na_{0,52}Li_{0,04})(Nb_{0,86}Ta_{0,10}Sb_{0,04})O_3$. 2015. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) — UNESP. Guaratinguetá, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/0d0d6ac3-6f5c-45d0-93b1-d6d0748e5b18/content> . Acesso: 2025.

SANTOS, J. R. dos; SILVA, M. G. da. Problemas ambientais da atualidade. 7. ed. Brasília: CAPES, 2023. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/586226/2/Livro%20PROBLEMAS%20AMBIENTAIS%20DA%20ATUALIDADE-7.pdf> . Acesso em: 2025.

SMIL, Vaclav. Energy and Civilization: A History. Cambridge: MIT Press, 2017. Disponível em: <https://mitpress.mit.edu/9780262536165/energy-and-civilization/> . Acesso: 2025.

SOMA – Soluções em Meio Ambiente; BRSCAN Energética S.A. Estudo de Impacto Ambiental – EIA: PCH Timbuí Seco I. I. Introdução. Espírito Santo, 2003. Disponível em: https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/EIA/2003/PCH%20Timbu%C3%AD%20Seco/D-I_-_Introdu%C3%A7%C3%A3o.pdf . Acesso: 2025.

Tatiana M. A. Análise da estrutura e da dinâmica da rede de serviços de saúde em um município do estado de São Paulo. São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5163/tde-24022010-150132/publico/TatianaMFresnel.pdf> . Acesso: 2025.

WERNECK, Rogério. Basquetebol: fundamentos, práticas e valores. Rio de Janeiro: Projeto Bolar. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <https://bolar.com.br/pdfs/livro-basquete-fundamentos.pdf> . Acesso: 2025.

ANEXO

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

// Configurações do Display OLED
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

// Definição dos pinos
const int pinSensor = A0;    // Entrada analógica do regulador de tensão
const int ledVerde = 7;      // LED indicador "energia estável"
const int ledVermelho = 8;   // LED indicador "baixa energia"

// Variáveis de controle
int leituraSensor = 0;
float tensao = 0.0;

void setup() {
  // Inicialização dos LEDs
  pinMode(ledVerde, OUTPUT);
  pinMode(ledVermelho, OUTPUT);

  // Inicialização da comunicação serial (para debug)
  Serial.begin(9600);

  // Inicialização do display OLED
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("Falha ao inicializar o display OLED"));
    for(;;);
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setCursor(0, 0);
  display.println("Projeto ENERQUAD");
  display.display();
  delay(2000);
}

void loop() {
  // Leitura da tensão vinda do regulador
```

```

leituraSensor = analogRead(pinSensor);
tensao = (leituraSensor * 5.0) / 1023.0; // Converte para tensão (0-5V)

// Exibição no monitor serial
Serial.print("Tensao medida: ");
Serial.print(tensao);
Serial.println(" V");

// Controle dos LEDs
if (tensao >= 3.7) {
    // Energia suficiente -> LED verde ligado
    digitalWrite(ledVerde, HIGH);
    digitalWrite(ledVermelho, LOW);
} else {
    // Energia baixa -> LED vermelho ligado
    digitalWrite(ledVerde, LOW);
    digitalWrite(ledVermelho, HIGH);
}

// Atualiza o display OLED
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0,0);
display.println("ENERQUAD - Status");
display.setCursor(0,20);
display.print("Tensao: ");
display.print(tensao);
display.println(" V");

if (tensao >= 3.7) {
    display.setCursor(0,40);
    display.println("Bateria OK");
} else {
    display.setCursor(0,40);
    display.println("Bateria Baixa");
}

display.display();

delay(1000); // Atualiza a cada 1 segundo
}

```