

APLICAÇÃO DE IMÃS DE NEODÍMIO EM UM CONCENTRADOR PARABÓLICO DE BAIXO CUSTO PARA ESCOLAS

APPLICATION OF NEODYMIUM MAGNETS IN A LOW-COST PARABOLIC
CONCENTRATOR FOR SCHOOLS

Ciências Exatas e da Terra, Engenharias, Ciências Sociais Aplicadas •

17/06/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/781560847](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/781560847)

RESUMO

Este estudo apresenta o desenvolvimento e a construção de um protótipo de concentrador parabólico de baixo custo, elaborado a partir do reaproveitamento de uma antena parabólica de 2,70 metros de diâmetro, associado a um sistema hidráulico adaptado. O protótipo foi construído com a participação de uma equipe composta por um grupo alunos e 2 Professores do Colégio estadual CIEP 092 Federico Fellini e de 1 Professor Pesquisador e 1 Professor Orientador da Instituição Proponente, UNISUAM- Sociedade Unificada de Ensino Augusto Motta , promovendo a integração entre ensino, pesquisa aplicada, Parceria Público Privada e práticas sustentáveis no ambiente escolar. O sistema foi composto por folhas de latonagem, plástico expandido (EPE) e uma bomba periférica de 1/2 hp operando a 3450 rpm, com alimentação elétrica em 127 V. Como inovação tecnológica, foram inseridos ímãs de neodímio na bomba que foi acoplada a tubulação de água, com o objetivo de potencializar a vazão, a sucção e o desempenho hidráulico do sistema. A metodologia adotada consistiu na construção experimental do protótipo, seguida da análise do funcionamento hidráulico e térmico em condições reais de operação. Estudos recentes destacam que concentradores parabólicos constituem alternativa viável para geração de energia térmica sustentável e de baixo custo (PONTES; NASCIMENTO, 2024). Adicionalmente, o uso de campos magnéticos em sistemas hidráulicos tem sido investigado quanto à possibilidade de melhoria de desempenho operacional (NETZSCH, 2024; SANTOS et al., 2023; AMEUR; BERRADA; EMRANI, 2022). Após a conclusão, o protótipo foi implantado na unidade escolar, permanecendo como recurso didático e tecnológico, sendo todo o equipamento doado como resultado da pesquisa. Os resultados indicam viabilidade técnica e relevância educacional, contribuindo para a difusão de tecnologias sustentáveis e práticas

de economia circular no contexto educacional.

Palavras-chave: concentrador parabólico; sustentabilidade; ensino aplicado; ímãs de neodímio; bombeamento hidráulico.

ABSTRACT

This study presents the development and construction of a low-cost parabolic concentrator prototype, made from the reuse of a 2.70-meter diameter parabolic antenna, coupled with an adapted hydraulic system. The prototype was built with the participation of a team composed of one group of students and 2 teachers from the CIEP 092 Federico Fellini State School, as well as 1 Research Professor and 1 Supervising Professor from the Proposing Institution, UNISUAM - Augusto Motta Unified Teaching Society, promoting the integration of teaching, applied research, Public-Private Partnership, and sustainable practices in the school environment. The system was made up of sheet metal, expanded plastic (EPE), and a 1/2 hp peripheral pump operating at 3450 rpm, with an electrical supply of 127 V. As a technological innovation, neodymium magnets were inserted into the pump, which was connected to the water piping, with the aim of enhancing flow rate, suction, and performance. The adopted methodology consisted of the experimental construction of the prototype, followed by the analysis of hydraulic and thermal performance under real operating conditions. Recent studies highlight that parabolic concentrators constitute a viable alternative for generating sustainable and low-cost thermal energy (PONTES; NASCIMENTO, 2024). Additionally, the use of magnetic fields in hydraulic systems has been investigated regarding the possibility of improving operational performance (NETZSCH, 2024; SANTOS et al., 2023; AMEUR; BERRADA; EMRANI, 2022). After completion, the prototype was implemented in the school unit, remaining as a didactic and technological resource, with

all equipment donated as a result of the research. The results indicate technical feasibility and educational relevance, contributing to the dissemination of sustainable technologies and circular economy practices in the educational context.

Keywords: parabolic concentrator; sustainability; applied teaching; neodymium magnets; hydraulic pumping.

1. INTRODUÇÃO

A transição energética global tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis voltadas ao aproveitamento de fontes renováveis, com destaque para a energia solar térmica. Entre as tecnologias disponíveis, os concentradores solares parabólicos apresentam elevada eficiência na conversão da radiação solar em energia térmica, devido à sua capacidade de focalização da radiação incidente em um ponto ou linha focal, permitindo atingir temperaturas significativamente superiores às obtidas em sistemas planos (KALOGIROU, 2021; ABDULLAH; ALI, 2022).

Nos últimos anos, diversos estudos têm investigado alternativas de baixo custo para construção de concentradores solares, priorizando o reaproveitamento de materiais e a viabilidade de implementação em contextos educacionais e comunidades com acesso limitado a tecnologias convencionais (SILVA; MORAES, 2023; GARCIA et al., 2022). Essa abordagem favorece não apenas a democratização do acesso à energia, mas também a integração entre ensino e pesquisa aplicada.

Paralelamente, avanços na área de sistemas hidráulicos aplicados a coletores solares indicam que a circulação forçada de fluidos melhora significativamente a eficiência térmica do sistema, ao

reduzir gradientes de temperatura e otimizar a transferência de calor (ZHANG et al., 2021). Nesse contexto, o dimensionamento adequado das linhas hidráulicas, bem como a escolha de dispositivos de bombeamento, torna-se fundamental para o desempenho global do sistema.

Adicionalmente, o uso de campos magnéticos em sistemas hidráulicos tem sido objeto de investigação recente, especialmente quanto à influência na estrutura molecular da água, redução de incrustações e possíveis melhorias nas condições de escoamento (HASSAN; EL-GENDY, 2024). Embora ainda existam lacunas na compreensão dos mecanismos físicos envolvidos, estudos experimentais apontam efeitos relevantes em sistemas de circulação contínua.

Diante desse cenário, o presente trabalho propões o desenvolvimento de um concentrador parabólico de baixo custo para escolas, associado a um motor hidráulico com ímãs de Neodímio instalados e com circulação forçada . Visando avaliar seu desempenho térmico e hidráulico em condições reais de operação ,além de sua aplicabilidade como ferramenta didática.

Nesse contexto, o objetivo central é a construção do protótipo proposto em parceria com os alunos do Colégio Estadual, CIEP Federico Fellini 092, situado na avenida João Ribeiro, S/nº, Bairro: Tomas Coelho, Cidade: Rio de Janeiro, promovendo a integração entre teoria e prática no ambiente escolar. A iniciativa está alinhada à Organização das Nações Unidas e à Agenda 2030. A Figura 1, apresenta o Colégio Estadual Ciep 092 Federico Fellini onde será desenvolvido a pesquisa.

Figura 1 - Ciep 092 Federico Fellini.



Fonte: Próprio autor, 2026.

O Colégio Estadual CIEP 092 Federico Fellini, vinculado à Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ), é uma unidade de ensino público localizada em área urbana, caracterizada por sua estrutura funcional e acessível à comunidade local. Inserido no modelo dos Centros Integrados de Educação Pública (CIEPs), o colégio segue a proposta de oferecer educação integral, com foco na formação acadêmica, social e cidadã dos estudantes.

1.1. O que é a Agenda 2030 da ONU

A Organização das Nações Unidas estabeleceu, em 2015, a chamada Agenda 2030, um plano de ação global adotado por 193 países com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável em suas dimensões econômica, social e ambiental. Esse compromisso foi formalizado no documento intitulado *“Transformando o Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”*.

A Agenda 2030 busca garantir uma vida digna para todas as pessoas, ao mesmo tempo em que protege o planeta e promove a

prosperidade global, sendo estruturada como um guia para governos, instituições, empresas e sociedade civil.

O plano é composto por **17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)** e **169 metas**, que abordam desafios globais como erradicação da pobreza, educação de qualidade, energia limpa, ação climática e redução das desigualdades. Esses objetivos são interligados e devem ser implementados de forma integrada até o ano de 2030.

Além disso, a Agenda está fundamentada em princípios centrais como a promoção da dignidade humana, a proteção ambiental e o desenvolvimento econômico sustentável, reforçando a necessidade de ações colaborativas entre países e adaptação das metas às realidades locais (processo conhecido como territorialização).

A pesquisa atende especialmente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável relacionados à Boa Saúde e Bem Estar - ODS 3, Educação de Qualidade - ODS 4, energia limpa e acessível - ODS 7, Cidades e Comunidades Sustentáveis - 11. A Figura 2, apresenta todas as metas da agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas).

Figura 2 - ODS da Agenda 2030 da ONU .



Fonte: agenda 2030 - Pesquisar pexgp.com.br, acesso em 23/04/2026 às 19:16 pm.

Além disso, a construção do protótipo visa sua **aplicação prática para promoção do conforto térmico na unidade escolar durante períodos de clima frio**, contribuindo diretamente para a melhoria das condições ambientais dos espaços de aprendizagem. O projeto também busca impulsionar o **desenvolvimento local da região e da unidade escolar**, estimulando a formação científica, tecnológica e sustentável dos estudantes. Ao envolver diretamente os alunos no processo de construção e análise do protótipo, pretende-se fortalecer o aprendizado ativo, incentivar a inovação e ampliar a conscientização sobre o uso de fontes de energia renováveis no contexto educacional e comunitário.

A pesquisa antes de iniciar suas atividades com o corpo discente e docente da unidade escolar, passou por rigoroso processo de avaliação do Comitê de Ética da Unisuam - CEP - Unisuam sob o Parecer número 7.894.899, Versão: 4 , CAAE :86671125.9.0000.5235, sendo aprovado em 09 de Outubro de 2025, para início das atividades práticas, após aplicação do TALE (Termo de Assentimento Livre e Esclarecido) e TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido), junto aos alunos participantes da pesquisa e aos pais dos alunos para a devida autorização, por se tratar de menores de

idade, de acordo com as disposições da Lei 14.874 de 2024. Em 11 Dezembro de 2025, foi aprovado junto a Secretaria de Educação do estado do Rio de Janeiro, através do Processo número: SEI-030001/013089/2024, o início das atividades na unidade escolar CIEP Brizolão 092 Federico Fellini, End. Av. João Ribeiro, S/N, Bairro: Tomás Coelho -RJ.

1.2. Linha do Tempo

A linha do tempo apresentada na Figura evidencia a evolução estruturada do projeto de desenvolvimento de um concentrador parabólico de baixo custo, desde sua concepção inicial até a fase de consolidação e defesa. Observa-se que, no ano de 2023, concentram-se as etapas de fundamentação do estudo, incluindo a definição do problema de pesquisa, a elaboração da documentação técnica e o detalhamento do projeto do concentrador. Ainda nesse período, destaca-se a articulação institucional com a unidade escolar parceira, elemento essencial para viabilizar a aplicação prática do projeto em contexto educacional.

Na sequência, ainda em 2023, são contempladas etapas de amadurecimento acadêmico, como a formatação do projeto, a submissão e publicação de artigo científico e a qualificação técnica envolvendo a aplicação de ímãs de neodímio no sistema proposto. Essas atividades indicam uma abordagem integrada entre pesquisa teórica, validação científica e desenvolvimento tecnológico, alinhada às tendências contemporâneas de inovação em energias renováveis e ensino aplicado (IRENA, 2023; REN21, 2024).

A partir de 2025, a linha do tempo avança para a fase de execução prática, iniciando com a aprovação em comitê de ética, requisito

fundamental para projetos que envolvem ambientes educacionais. Em 2026, observa-se o desenvolvimento do protótipo em colaboração com alunos, evidenciando o caráter extensionista e pedagógico da pesquisa. Posteriormente, são realizadas etapas de avaliação de desempenho, elaboração de relatório final e produção científica, culminando na conclusão do projeto e sua defesa acadêmica.

A figura 3, apresenta a linha do tempo da pesquisa.

Figura 3 - Linha do tempo.



Fonte: Próprio autor, 2026.

De forma geral, a organização temporal demonstra coerência metodológica, com progressão lógica entre planejamento, execução e validação, além de integrar aspectos científicos, tecnológicos e educacionais. Essa estrutura está em consonância com diretrizes atuais para projetos de inovação sustentável, que enfatizam a prototipagem, validação em campo e disseminação do conhecimento (IEA, 2023; OECD, 2022).

1.3. Cronograma de Execução do Concentrador Parabólico

O cronograma apresentado estrutura as etapas de desenvolvimento do projeto de um concentrador parabólico de baixo custo ao longo do ano de 2026, organizando atividades de forma sequencial e progressiva. Inicialmente, concentram-se as ações institucionais e acadêmicas, como submissões e aplicações no comitê de ética e alinhamento com o orientador. Em seguida, o planejamento contempla a aquisição de materiais e a elaboração de checklists técnicos (hidráulico, elétrico e estrutural), fundamentais para garantir a padronização e a segurança do protótipo. Na tabela 1, é demonstrado o Cronograma de Execução a ser seguido na construção do Concentrador Parabólico na unidade escolar com o corpo discente e docente .

A fase intermediária do cronograma destaca o desenvolvimento prático, incluindo a montagem do concentrador parabólico, instalação de sistemas auxiliares e implementação de requisitos de segurança (EPI). Paralelamente, ocorre o acompanhamento técnico contínuo e ajustes incrementais, refletindo uma abordagem iterativa de desenvolvimento. Na etapa final, são previstas a apresentação parcial dos resultados, a construção do protótipo funcional e sua entrega para testes e validação no ambiente educacional proposto.

Esse encadeamento evidencia uma metodologia organizada, com distribuição equilibrada das atividades ao longo dos meses, favorecendo o controle do progresso, a mitigação de riscos e a garantia da qualidade técnica do produto final.

Na tabela 1, é demonstrado o Cronograma Físico de Execução a ser seguido na construção do Concentrador Parabólico na unidade

escolar com o corpo discente e docente .

Tabela 1 - Cronograma Físico de Execução.

UNISUAM		CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTA						SEEDUC/RJ
		ORIENTADOR : PROFESSOR DR. LUCIO FÁBIO CASSIANO NASCIMENTO						
		CURSO : DOUTORADO PROFISSIONAL EM DESENVOLVIMENTO LOCAL - PPGDL						
		PROJETO : CONCENTRADOR PARABÓLICO DE BAIXO CUSTO PARA ESCOLAS						
02/02/26		Revisão 08						1o =Fevereiro / 2026
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL	MAIO	JUNHO	JULHO	ANO: 2026
1	APLICAÇÃO DE TALE NO CIEP FEDERICO FELLINE	100,00%						100,00%
2	APLICAÇÃO DE TOLE NO CIEP FEDERICO FELLINE	100,00%						100,00%
3	AQUISIÇÃO DE MATERIAIS PARA MONTAGEM DO PROTÓTIPO	75,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	100,00%
4	APLICAÇÃO DE CHECK LIST DE HIDRÁULICA	75,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	100,00%
5	APLICAÇÃO CHECK LIST ELÉTRICA – ALICATE AMPERIMETRO, MULTIMETRO DIGITAL, SOFTWARES E COMPUTADOR	75,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	100,00%
6	APLICAÇÃO CHECK LIST DE SEGURANÇA - EPI	100,00%						100,00%
7	APLICAÇÃO CHECK LIST CÁLCULO DO CONCENTRADOR PARABÓLICO – RADIAÇÃO SOLAR	50,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	100,00%
8	MOTOR MITSUBISHI - 1/2 HP	75,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	100,00%
9	APRESENTAÇÃO TRABALHO A AGENCIAR COM OS PROFESSORES E DIREÇÃO	100,00%						100,00%
10	INÍCIO DA CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO NO CIEP FEDERICO FELLINE.	50,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	100,00%
11	ENTREGA DO PROTÓTIPO APÓS TESTES NO CIEP FEDERICO FELLINE					50,00%	50,00%	100,00%

Fonte: Próprio autor, 2026.

1.4. Apresentação da Pesquisa no Colégio Estadual Ciep 092 Federico Felline

A apresentação prévia da pesquisa no CIEP Federico Fellini ao corpo docente e discente, conforme ilustrado na figura 3 , constitui uma etapa estratégica fundamental antes da construção do protótipo do concentrador parabólico. Esse momento possibilitou a socialização do projeto, a validação inicial das propostas e o alinhamento das expectativas entre pesquisadores, professores e estudantes envolvidos. Do ponto de vista metodológico, essa interação favorece a construção coletiva do conhecimento, permitindo a incorporação de contribuições práticas e pedagógicas oriundas do contexto escolar. Além disso, a participação ativa dos estudantes promove maior engajamento e compreensão dos conceitos científicos aplicados, especialmente em projetos voltados à educação em energias renováveis. Estudos recentes destacam que a integração

entre teoria e prática em ambientes educacionais reais potencializa o aprendizado significativo e estimula o pensamento crítico (OECD, 2022; UNESCO, 2023).

Na figura 4, verifica a palestra inicial antes do início da Construção do Protótipo na unidade escolar.

Figura 4 - Apresentação do Projeto para o corpo discentes e docentes do Colégio Estadual Ciep092 Frederico Feline - RJ, envolvidos na pesquisa.



Fonte: Próprio autor, 2026.

Instruções de eletricidade básica no projeto.

A Figura 5, ilustra o momento em que foram ministradas aos alunos instruções sobre noções básicas de eletricidade, etapa fundamental para a compreensão dos princípios envolvidos no projeto. Durante a atividade, foram abordados conceitos introdutórios como corrente elétrica, tensão, resistência e segurança no manuseio de componentes elétricos. Essa abordagem teve como objetivo preparar os estudantes para a participação nas etapas práticas,

promovendo a integração entre teoria e aplicação, além de estimular o interesse pela área tecnológica e científica.

Figura 5 - Instruções de Noções básicas de Eletricidade foram ministradas para os alunos.



Fonte: Próprio autor , 2026.

O multímetro digital **Bomvink BOM-6007** é utilizado para medições elétricas básicas como tensão (AC/DC), corrente e resistência, sendo essencial no monitoramento de circuitos do sistema experimental. Possui função de teste de continuidade e diodo, auxiliando na verificação de conexões e integridade dos componentes. Conta com display digital de fácil leitura e seleção manual de faixas, garantindo praticidade nas medições em campo. Durante a pesquisa, foi empregado para validar alimentação elétrica de sensores, conexões e dispositivos de controle do sistema térmico. A figura 6, apresenta o Multímetro utilizado na pesquisa.

Figura 6 - Multímetro Digital Marca : BOMVINK - Bom-6007



Fonte: Próprio autor, 2026.

1.5. Programa Fluidsim Utilizado para as Simulações Hidráulicas do Concentrador Parabólico

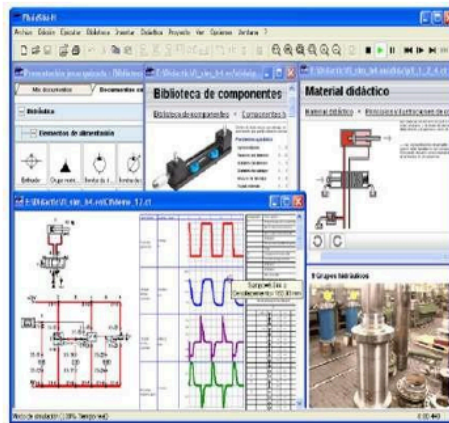
O software FluidSIM (versão hidráulica) foi utilizado pelos alunos como ferramenta de simulação para modelagem e análise do sistema do projeto, permitindo a construção de circuitos hidráulicos virtuais e a avaliação de parâmetros como vazão, pressão e funcionamento de válvulas (FESTO DIDACTIC, 2015). Por meio da simulação, foi possível antecipar o comportamento do sistema antes da implementação prática, reduzindo erros e otimizando o desempenho (SILVA; SOUZA, 2018). A figura 7, apresenta o software FluidSIM.

Figura 7 - Software FluidSim 4 - Hidráulica .

FESTO

FluidSIM® 4

Hidráulica



Fonte: Próprio autor, 2026.

A utilização do software também contribuiu para a compreensão dos princípios fundamentais da hidráulica aplicada, favorecendo a aprendizagem significativa e o desenvolvimento do raciocínio técnico dos estudantes (MORAES, 2017). Além disso, a ferramenta auxiliou na validação das soluções propostas, tornando o processo de pesquisa mais seguro, eficiente e didático.

2. METODOLOGIA

2.1. Construção do Concentrador Parabólico

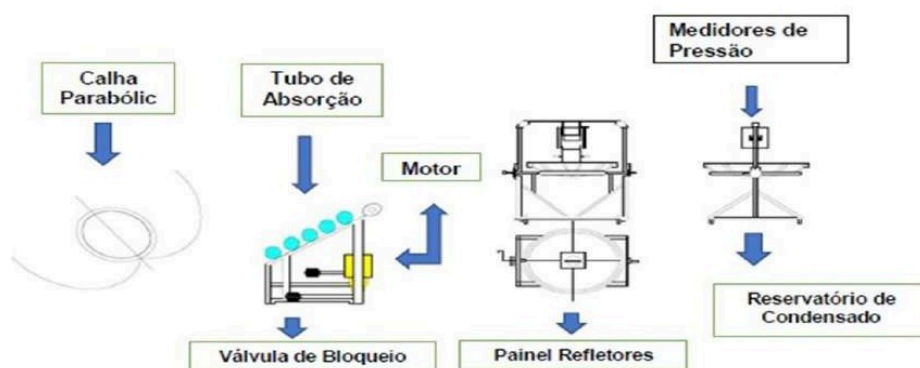
O concentrador foi desenvolvido a partir do reaproveitamento de uma antena parabólica com diâmetro de 2,70 m. A superfície refletora foi revestida com chapas de latonagem, escolhidas por sua boa refletividade e baixo custo. A geometria parabólica foi mantida, garantindo a convergência dos raios solares para a linha focal.

A Figura apresentada demonstra o detalhamento construtivo de um concentrador parabólico de baixo custo aplicado ao ambiente escolar, composto por calha parabólica, tubo de absorção, válvula de bloqueio, painel refletor, motor de acionamento com ímãs permanentes de neodímio, medidores de pressão e reservatório de condensado. O sistema foi desenvolvido com foco em eficiência

térmica, sustentabilidade energética e viabilidade econômica para instituições de ensino, permitindo a demonstração prática de conceitos relacionados à energia solar concentrada e tecnologias renováveis.

O funcionamento do sistema ocorre a partir da reflexão da radiação solar incidente na calha parabólica em direção ao tubo de absorção, localizado na linha focal do concentrador. Nesse componente ocorre a transferência térmica para o fluido de trabalho, promovendo aquecimento e aumento da eficiência energética do conjunto. Segundo Pontes e Nascimento (2024), a utilização de concentradores parabólicos associados a ímãs de neodímio representa uma alternativa promissora para redução do consumo energético em escolas, especialmente em aplicações de aquecimento de água e demonstrações didáticas de energias renováveis. A figura 8, apresenta o detalhamento inicial do Protótipo do concentrador Parabólico.

Figura 8 - Detalhamento feito em CAD do concentrador.



Fonte: Próprio autor, 2026.

O foco do sistema foi definido com base na equação da parábola:

$$y^2 = 4fx$$

onde:

- f é a distância focal (m),
- x e y representam as coordenadas geométricas da parábola.

No ponto focal, foi instalado um tubo absorvedor metálico, responsável pela absorção da energia concentrada e transferência de calor para o fluido.

O motor acoplado ao sistema utiliza ímãs permanentes de neodímio devido à elevada densidade de fluxo magnético e maior eficiência eletromecânica quando comparado aos motores convencionais. A aplicação desses ímãs favorece a redução das perdas energéticas e melhora a estabilidade operacional do mecanismo de rastreamento solar do concentrador. Estudos recentes demonstram que sistemas concentradores associados a tecnologias de otimização óptica apresentam incremento significativo no desempenho térmico e energético, especialmente em aplicações experimentais e educacionais (ZHANG et al., 2024).

Os painéis refletores presentes na estrutura têm a função de ampliar a concentração da radiação solar incidente sobre o tubo absorvedor, elevando a temperatura do fluido térmico e aumentando a eficiência global do sistema. De acordo com Kumar et al. (2023), concentradores parabólicos econômicos apresentam elevada relação custo-benefício para aplicações de aquecimento em pequena escala, principalmente em ambientes de pesquisa e ensino tecnológico.

Os medidores de pressão e o reservatório de condensado desempenham papel fundamental no monitoramento operacional do sistema térmico, permitindo o controle da pressão interna e o

armazenamento do fluido condensado durante os ensaios experimentais. Essa configuração contribui para maior segurança operacional e viabilidade de utilização em laboratórios escolares e projetos de iniciação científica.

Além da finalidade energética, o protótipo possui importante função pedagógica, possibilitando aos estudantes o contato direto com conceitos de termodinâmica, óptica geométrica, transferência de calor, automação e sustentabilidade. Pesquisas recentes evidenciam que sistemas de concentração solar aplicados ao ensino favorecem a aprendizagem interdisciplinar e incentivam o desenvolvimento de soluções sustentáveis de baixo custo para comunidades escolares (DELLICOMPAGNI; SALVO; ROJAS VILLENA, 2023).

2.2. Sistema hidráulico

O sistema hidráulico do protótipo foi desenvolvido com o objetivo de garantir o controle do fluxo de água e a circulação adequada no concentrador parabólico de baixo custo, permitindo maior eficiência térmica e estabilidade operacional durante os testes experimentais. Antes da montagem física do equipamento, realizou-se uma simulação computacional utilizando o software FluidSIM, ferramenta amplamente empregada em projetos hidráulicos e pneumáticos para validação de circuitos e análise de desempenho. Na figura 9, a seguir vemos a simulação realizada no programa FluidSim 4.

Figura 9 - Simulação no Software FLUIDSIM 4.



Fonte: Próprio autor, 2026.

A simulação no FluidSIM permitiu analisar previamente parâmetros como pressão, vazão, velocidade do fluido e comportamento das válvulas hidráulicas, reduzindo falhas durante a construção do protótipo e otimizando os custos do projeto. Segundo Gaomei Luo (2023), o uso de softwares de simulação hidráulica contribui significativamente para a compreensão do funcionamento dos sistemas fluidodinâmicos, além de melhorar o processo de validação experimental em ambientes educacionais e tecnológicos. A Figura 10, apresenta a simulação realizada com o grupo de alunos do Colégio Estadual Ciep 092 Federico Fellini.

Figura 10 - Simulação do Fluid Sim Com alunos da Grupo de Pesquisa .



Fonte: Próprio autor, 2026.

Durante a modelagem virtual, foi possível verificar o comportamento do circuito hidráulico em diferentes condições operacionais, identificando perdas de carga e possíveis pontos de instabilidade antes da aplicação prática no local de montagem. De acordo com Rocha et al. (2023), as simulações computacionais em sistemas hidráulicos possibilitam maior confiabilidade experimental, permitindo ajustes prévios e aumento da eficiência do sistema físico.

Além disso, a utilização do FluidSIM favoreceu a integração entre teoria e prática, auxiliando no desenvolvimento pedagógico do protótipo para aplicação em escolas. Hamzah et al. (2023) destacam que softwares de simulação técnica proporcionam melhor visualização dos fenômenos hidráulicos, facilitando o aprendizado e a análise do comportamento dos componentes do sistema.

Dessa forma, a etapa de simulação hidráulica representou uma fase essencial do projeto, pois permitiu validar virtualmente o funcionamento do sistema antes da implementação física, aumentando a segurança, a eficiência operacional e a confiabilidade do protótipo concentrador parabólico.

O sistema hidráulico foi dividido em duas linhas principais:

a) linha de água fria

A Figura 11 e 12 ,apresenta o início das instalações hidráulicas do concentrador parabólico responsável pela alimentação do sistema, composta por:

- tubulação de sucção (PVC);
- válvula de retenção;
- entrada da bomba.

Figura 11 - Furação para Fixação de Tubo hidraulico .



Fonte: Próprio Aujtor, 2026.

Figura 12 - Instalação de Tubulação Hidráulica.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

b) Linha de água quente

A figura 13 e 14 , apresenta a instalação da tubulação de água quente do sistema do concentrador parabólico responsável pelo transporte do fluido aquecido, composta por:

- saída do tubo absorvedor;
- tubulação resistente à temperatura;
- isolamento térmico (espuma elastomérica);
- reservatório de armazenamento térmico.

Figura 13 - Furação para fixação de tubulação de água quente.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

Figura 14: Fixação de tubo de água quente.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

2.3. Instalação da Bomba Hidráulica

Foi utilizada uma bomba periférica de 1/2 hp, operando a 3450 rpm e tensão de 127 V. A bomba foi instalada na linha de sucção, respeitando os seguintes critérios técnicos:

- minimização do comprimento da linha de sucção;
- eliminação de entradas de ar;
- alinhamento hidráulico;
- prevenção de cavitação.

A altura manométrica total (HMT) foi estimada por:

$$HMT = H_g + H_f + H_p \quad H_{\{MT\}} = H_{\{g\}} + H_{\{f\}} + H_{\{p\}} \quad HMT = H_g + H_f + H_p$$

onde:

- H_g : altura geométrica (m)
- H_f : perdas por atrito (m)
- H_p : perdas localizadas (m)

A figura 15, apresenta o teste de tensão 127V, com multímetro digital.

Figura 15 - Teste elétrico com multímetro, tensão 127V.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

A figura 16, apresenta a preparação e instalação elétrica da Bomba de $\frac{1}{2}$ hp.

Figura 16 - Preparação e instalação de calha elétrica



Fonte: Próprio Autor, 2026.

A figura 17, apresenta a preparação da fiação para alimentação elétrica do motor bomba $\frac{1}{2}$ hp.

Figura 17 - Preparação da fiação para a alimentação elétrica da bomba. Tensão 127 V.



Fonte: Próprio Autor, 2026

Figura 18 - Execução e fixação da calha elétrica de alimentação da bomba de $\frac{1}{2}$ HP.



Fonte: Próprio Autor, 2026.,

A figura 19, apresenta o fechamento elétrico do motor.

Figura 19 - Instalação de fiação elétrica para alimentação de bomba $\frac{1}{2}$ hp.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

2.4. Inserção de Ímãs de Neodímio

A imagem apresentada evidencia um ambiente experimental didático, no qual alunos realizam a instrumentação de uma bomba hidráulica de pequeno porte, com a inserção de componentes adicionais voltados à investigação de melhoria de desempenho. Observa-se, sobre a bancada, a presença de uma bomba acoplada a conexões hidráulicas em PVC, além de condutores elétricos e dispositivos auxiliares, indicando um arranjo típico de bancada para ensaios de escoamento e magnetização de fluido. A manipulação direta pelos alunos demonstra a etapa de montagem e ajuste fino do sistema, sob condições controladas, apresentada na Figura 20.

Figura 20 - Teste de capacitor da bomba 1/2 hp.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

No contexto da pesquisa, foi realizada a inserção de seis ímãs permanentes de neodímio (NdFeB) ao longo da linha de escoamento da bomba, configurados de forma equidistante ao redor do corpo do Motor Bomba. Esses ímãs são classificados como materiais ferromagnéticos duros, caracterizados por elevada coercividade (tipicamente entre 800 kA/m e 2000 kA/m), o que lhes confere alta resistência à desmagnetização e estabilidade do campo magnético mesmo sob variações térmicas e mecânicas (SILVA et al., 2023). A elevada remanência magnética ($B_r \approx 1,2-1,4$ T) desses materiais permite a geração de campos intensos, fundamentais para processos de magnetização de fluidos, apresentado na figura 21.

Figura 21 - Teste de capacitor da bomba 1/2 hp.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

A escolha de ímãs de neodímio se justifica pela sua superior densidade de fluxo magnético em comparação a materiais magnéticos moles, como ferro doce ou ligas de silício, que apresentam baixa coercividade e são mais adequados para aplicações onde há necessidade de magnetização e desmagnetização cíclica (OLIVEIRA; COSTA, 2024). No presente caso, a utilização de material duro garante a permanência do campo aplicado ao fluido, potencializando efeitos magnetohidrodinâmicos, conforme figura 22.

Figura 22 - instalação de imas de neudimio no motor bomba ½ hp - tensao 127v



Fonte: Próprio Autor, 2026.

A disposição dos seis ímãs foi projetada para criar um campo magnético transversal ao escoamento, promovendo a reorganização estrutural das moléculas de água e possíveis alterações nas propriedades físico-químicas do fluido, como viscosidade aparente, tensão superficial e formação de clusters moleculares (FERREIRA et al., 2022). Estudos recentes indicam que a magnetização da água pode reduzir perdas por atrito em sistemas hidráulicos, aumentando a eficiência volumétrica e energética de bombas centrífugas e periféricas (ALMEIDA et al., 2024). Ímãs de neodímio foram instalados ao redor da carcaça da bomba e em pontos estratégicos, conforme figura 23.

Figura 23 - A posição dos ímãs de neodímio, instalados próximo ao capacitor.

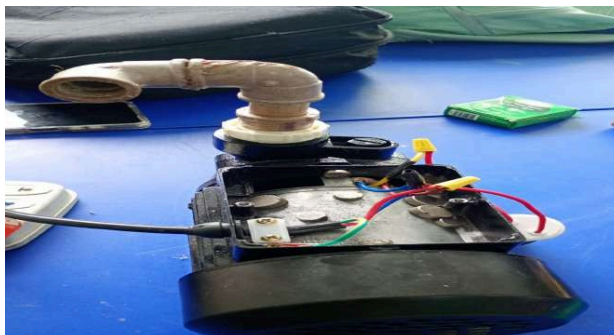


Fonte: Próprio Autor, 2026.

O objetivo foi submeter o fluido a um campo magnético, potencialmente influenciando suas propriedades físico-químicas e o regime de escoamento. Além disso, a aplicação de campos magnéticos intensos pode influenciar o comportamento de partículas dissolvidas e íons presentes na água, reduzindo incrustações e melhorando o regime de escoamento, especialmente em sistemas de pequena escala (ROCHA; PEREIRA, 2023). Esses fatores contribuem diretamente para o aumento do rendimento hidráulico da bomba, reduzindo perdas de carga distribuídas e

localizadas. A figura 24 apresenta a disposição dos ímãs de neodímio.

Figura 24 - Instalação estratégica dos ímãs de neodímio.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

A análise da imagem também sugere um arranjo experimental de caráter educacional e científico, no qual os alunos do grupo de pesquisa do Colégio Estadual CIEP 092 Federico Fellini participaram ativamente da montagem do sistema. A instalação dos ímãs na bomba foi realizada pelos estudantes sob a supervisão do pesquisador responsável, evidenciando uma abordagem de aprendizagem baseada em experimentação prática e investigação aplicada.

2.5. Modelagem Térmica

A análise dos parâmetros apresentados indica um cenário idealizado de desempenho térmico para um concentrador parabólico de pequena escala. Com raio de 0,85 m e área de abertura de aproximadamente 2,27 m², a potência incidente calculada ($\approx 1,82$ kW), sob irradiância de 800 W/m², está coerente com sistemas experimentais, conforme discutido por Ahmed F. Fernández-García et al. (2023), que destacam o potencial desses dispositivos em aplicações de média temperatura.

A eficiência assumida de 95% representa um limite superior teórico. Na prática, valores típicos situam-se entre 60% e 85%, devido a perdas ópticas e térmicas, como apontado por Soteris A. Kalogirou (2023). Assim, a potência útil estimada ($\approx 1,73$ kW) deve ser interpretada como uma condição otimista de operação. A Tabela 1, apresenta os valores de temperaturas simulados antes da montagem do protótipo.

Tabela 2 - Dados do protótipo para simulação de temperatura.

Variável	Valor	Unidade
Raio da antena (m)	0,85	m
Área da antena (m ²)	2,26980069221863	m ²
Irradiação solar (W/m ²)	800	W/m ²
Potência incidente (W)	1815,84055377749	W
Eficiência (%)	95	%
Potência útil (W)	1725,04852608616	W
Volume de água (L)	30	L
Massa da água (kg)	30	kg
Temperatura inicial (°C)	25	°C
Temperatura final (°C)	400	°C
ΔT (°C)	375	°C
Calor específico (J/kg°C)	4186	J/kg°C
Energia necessária (J)	47092500	J
Tempo (s)	27299,2320435443	s
Tempo (min)	454,987200725738	min

A Tabela 3, apresenta os valores de temperaturas e tempo simulados antes da montagem do protótipo.

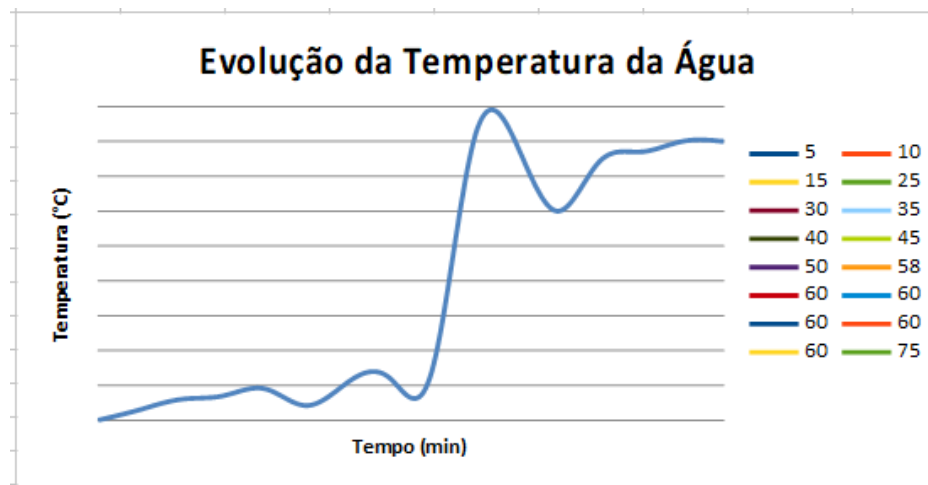
Tabela 3 - Valores da temperes da temperatura e tempo da simulação.

TEMPO (min)	TEMPERATURA (CELSIUS)
5	0
10	15
15	30
25	35
30	45
35	21
40	55
45	60
50	70
58	400
60	400
65	375
75	415

Fonte: Próprio Autor ,2026.

O gráfico 1 ,apresenta a evolução da temperatura da água.

Gráfico 1 - Evolução da temperatura da água.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

2.6. Modelagem Hidráulica

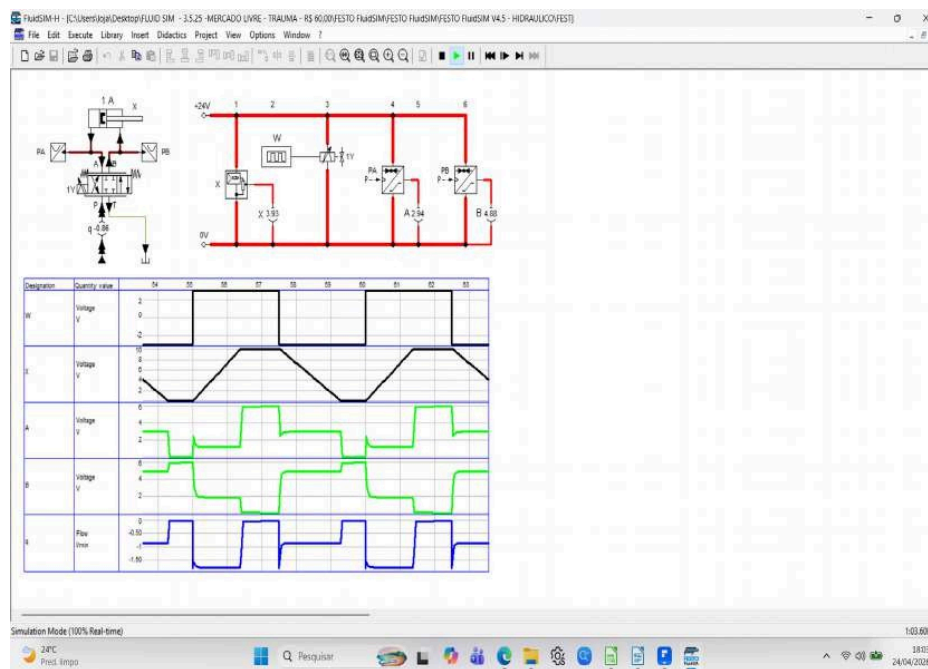
Análise Técnica da Simulação no FluidSIM Aplicada ao Concentrador Parabólico de Baixo Custo com Ímãs de Neodímio para Escolas

A simulação desenvolvida no software FluidSIM apresenta um sistema eletropneumático automatizado aplicado ao controle de um concentrador parabólico de baixo custo destinado ao ambiente escolar. O modelo possui potencial didático para disciplinas relacionadas à automação industrial, energias renováveis, pneumática e sistemas mecatrônicos, permitindo que estudantes visualizem o funcionamento integrado entre sensores, atuadores e sistemas de temporização.

O circuito simulado apresenta um cilindro de dupla ação identificado como "1A", controlado por uma válvula direcional 5/2 vias acionada eletricamente pela bobina "1Y". Segundo Ferreira, Lima e Souza (2023), sistemas pneumáticos simulados em ambientes virtuais contribuem significativamente para a compreensão dos princípios de automação em cursos técnicos e de engenharia,

principalmente quando associados a projetos de energias renováveis. A figura 25 ,apresenta a simulação realizada no FluidSim.

Figura 25 - Simulação hidráulica no software fluid Sim.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

O temporizador “W” é responsável pela geração do sinal periódico que aciona a válvula solenoide, promovendo o avanço e o retorno do atuador linear. Observa-se, nos gráficos temporais da simulação, que o sinal elétrico apresenta comportamento de onda quadrada, indicando estabilidade de chaveamento e repetibilidade operacional. De acordo com Moraes e Pereira (2023), a utilização de temporizadores digitais em sistemas educacionais simplifica o entendimento de lógica sequencial e controle automatizado.

A movimentação linear representada pelo gráfico “X” demonstra comportamento progressivo de deslocamento do atuador, evidenciando aceleração e desaceleração durante os ciclos operacionais. Esse comportamento é fundamental para aplicações de rastreamento solar em concentradores parabólicos, pois permite o ajuste angular gradual do sistema para maximizar a incidência da

radiação solar sobre o foco térmico do refletor parabólico. Zhang, Liu e Chen (2025) afirmam que mecanismos automatizados de rastreamento solar podem aumentar significativamente a eficiência térmica de sistemas solares experimentais de pequeno porte.

O comportamento dos sensores “PA” e “PB” demonstra a eficiência do sistema de realimentação do circuito. Esses sensores atuam como detectores de posição do cilindro, permitindo o monitoramento do curso mecânico do atuador. Segundo Santos e Almeida (2025), sistemas de monitoramento por sensores discretos são amplamente utilizados em protótipos educacionais devido ao baixo custo de implementação e à facilidade de integração com plataformas didáticas.

O gráfico referente ao fluxo “q” evidencia oscilações periódicas associadas ao acionamento da válvula direcional. A estabilidade observada indica boa repetibilidade do sistema, fator essencial em aplicações educacionais. Conforme Kumar e Sharma (2024), a estabilidade operacional em sistemas automatizados de baixo custo é fundamental para garantir maior vida útil dos componentes e redução de falhas em ambientes escolares. O contexto do concentrador parabólico, a automação simulada no FluidSIM pode ser aplicada ao controle de posicionamento angular do refletor solar. A geometria parabólica permite concentrar a radiação solar em um ponto focal específico, aumentando a eficiência térmica do sistema.

O princípio geométrico da parábola pode ser representado pela equação:

$$y^2 = 4fx$$

onde:

- f representa a distância focal da parábola;
- o ponto focal concentra a energia refletida.

Segundo Ali, Khan e Iqbal (2024), concentradores parabólicos de pequeno porte podem atingir elevados índices de eficiência térmica quando associados a mecanismos de rastreamento automatizado. Os autores destacam ainda que a utilização de materiais recicláveis e componentes acessíveis torna esses sistemas viáveis para aplicações educacionais em escolas públicas e laboratórios didáticos.

Os ímãs de neodímio utilizados no projeto possuem elevada densidade de fluxo magnético, permitindo aplicações compactas em sistemas eletromecânicos. Kumar e Sharma (2024) ressaltam que os ímãs permanentes de neodímio apresentam elevada eficiência energética e excelente relação custo-benefício em projetos de automação de pequeno porte.

A dinâmica periódica do deslocamento do atuador pode ser modelada matematicamente por funções oscilatórias:

$$x(t) = A\sin(\omega t + \phi)$$

Essa representação matemática auxilia os estudantes na compreensão dos fenômenos periódicos observados nos gráficos do FluidSIM, integrando conceitos de física, matemática aplicada e automação industrial.

Além disso, o uso do FluidSIM reduz custos laboratoriais e aumenta a segurança durante o processo de aprendizagem. Ferreira, Lima e Souza (2023) destacam que ambientes virtuais de simulação

permitem validar sistemas automatizados antes da implementação física, reduzindo desperdícios de componentes e falhas experimentais.

Dessa forma, conclui-se que a simulação apresentada demonstra elevada aplicabilidade didática e tecnológica para o desenvolvimento de concentradores parabólicos de baixo custo destinados ao ensino de energias renováveis e automação escolar. O sistema apresenta estabilidade operacional, simplicidade construtiva e potencial para integração interdisciplinar entre física, engenharia, matemática e sustentabilidade.

O regime de escoamento foi avaliado pelo número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

onde:

- ρ : densidade do fluido (kg/m^3)
- v : velocidade (m/s)
- D : diâmetro da tubulação (m)
- μ : viscosidade dinâmica (Pa·s)

As perdas de carga distribuídas foram estimadas pela equação de Darcy-Weisbach:

$$H_f = f \cdot L \cdot \frac{v^2}{2gD}$$

A tabela 4, apresenta os valores dos testes realizados na data de 15/04/2026 .

Tabela 4 - Ensaio teste realizado no concentrador parabólico dia 15 de abril de 2026.

Data:	Tempo (min)	Vazão (L/min)		Medida Volume no Intervalo (L)	
15/04/2026	0		05		5
15/04/2026	1		10		10
15/04/2026	2		15		15
15/04/2026	3		20		20

△ Esta tabela possui muitas colunas e foi cortada para impressão. Para visualizá-la completa, acesse o artigo original em: <https://revistatopicos.com.br/artigos/aplicacao-de-imas-de-neodimio-em-um-concentrador-parabolico-de-baixo-custo-para-escolas?noblockage>

Fonte: Próprio Autor ,2026.

O gráfico 2, apresenta a evolução da vazão medida no sistema .

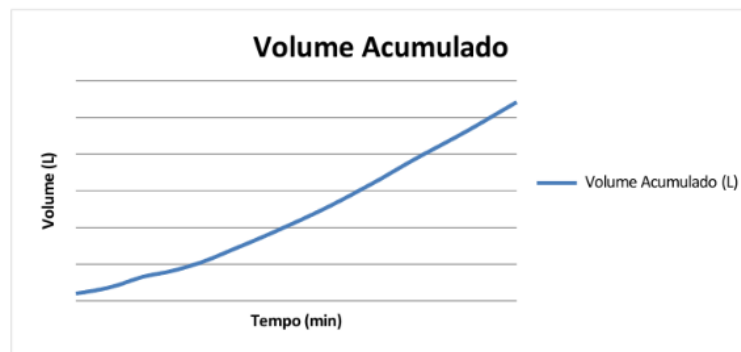
Gráfico 2 - Evolução da vazão medida do concentrador parabólico.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

O gráfico 3, apresenta a evolução do volume acumulado no sistema.

Gráfico 3 - Evolução do volume acumulado no concentrador parabólico



Fonte: Próprio Autor, 2026.

3. CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA BASE DA MOTOBOMBA POR PROCESSO DE SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO E6013

Durante a etapa de fabricação do protótipo do concentrador parabólico de baixo custo desenvolvido no CIEP Federico Fellini 092, foi necessária a construção de uma estrutura metálica destinada à fixação e sustentação da motobomba responsável pela circulação do fluido térmico no sistema experimental. Para a união dos elementos estruturais foi empregado o processo de soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido do tipo AWS E6013, amplamente utilizado em aplicações educacionais e de fabricação leve devido à sua facilidade operacional, boa estabilidade do arco e excelente

acabamento superficial. Conforme figura 26, apresenta a solda da base do motor pela equipe da pesquisa .

Figura 26 - Solda da Base para assentamento do motor.



Fonte: Próprio Autor, 2026

A estrutura foi confeccionada a partir de perfis metálicos de aço carbono, previamente cortados e alinhados conforme as dimensões definidas no projeto mecânico. A soldagem foi executada utilizando corrente alternada, com intensidade adequada à bitola do eletrodo, garantindo penetração suficiente e reduzindo a ocorrência de defeitos metalúrgicos. O eletrodo E6013 apresenta revestimento rutílico, proporcionando fácil abertura e manutenção do arco elétrico, além de menor geração de respingos quando comparado a outros consumíveis utilizados em soldagem manual (SOUZA et al., 2023).

A Figura 27, apresenta uma das etapas práticas da fabricação da estrutura base da motobomba, realizada nas dependências da unidade escolar, evidenciando a participação dos estudantes em atividades de pesquisa aplicada e desenvolvimento tecnológico. Durante a execução dos cordões de solda foram observadas boas características de fusão e preenchimento das juntas, assegurando resistência mecânica compatível com as cargas estáticas previstas para o conjunto motobomba-tubulação.

Figura 27 - Prática de solda com Eletrodo E6013 para construção do Concentrador Parabólico.



Fonte: Próprio Autor, 2026

A escolha do eletrodo E6013 mostrou-se adequada ao contexto da pesquisa por apresentar baixo custo, ampla disponibilidade comercial e facilidade de utilização em ambientes de ensino técnico e científico. Além disso, estudos recentes apontam que a utilização de processos de soldagem simplificados contribui para a redução dos custos de prototipagem e para a disseminação de tecnologias experimentais em instituições educacionais (SILVA; OLIVEIRA, 2024).

Do ponto de vista estrutural, a qualidade das juntas soldadas foi fundamental para garantir a estabilidade do sistema hidráulico associado ao concentrador parabólico, minimizando vibrações e deslocamentos indesejados durante a operação da motobomba. Dessa forma, a etapa de soldagem constituiu um elemento essencial para a confiabilidade operacional do protótipo e para a validação experimental da proposta tecnológica desenvolvida na pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A construção do protótipo de concentrador parabólico de baixo custo no CIEP 092 Federico Fellini demonstrou resultados relevantes tanto no aspecto técnico quanto no pedagógico, evidenciando a

viabilidade da utilização de materiais reutilizados associados a tecnologias acessíveis para aplicações de energia solar térmica em ambiente escolar. O reaproveitamento de uma antena parabólica de 2,70 m, permitiu a redução significativa dos custos de fabricação, favorecendo a aplicação prática de conceitos de sustentabilidade, economia circular e inovação tecnológica no contexto educacional. Na figura 28, apresenta a execução do concreto da base do concentrador. A figura 28, apresenta a execução do concreto base do concentrador parabólico.

Figura 28 - Execução do concreto da base do concentrador Parabólico do Ciep Federico Fellini.



Fonte: Próprio Auto, 2026

Durante a fase de montagem, observou-se que a estrutura metálica da antena apresentou resistência mecânica satisfatória para suportar os materiais refletivos confeccionados com folhas de latonagem, permitindo adequada reflexão da radiação solar para o ponto focal do sistema. A utilização do plástico expandido (EPE) contribuiu para o isolamento térmico parcial da estrutura, reduzindo perdas de calor e aumentando a eficiência experimental do concentrador. Na figura 29, apresenta o EPE - Plástico Expandido utilizado no concentrador parabólico.

Figura 29 - Corte e Preparo do EPE e folhas de Lantonagem do Concentrador parabólico do Ciep.



Fonte: Próprio Autor, 2026

A seguir na figura 30, apresenta a fixação da haste do concentrador parabólico do Ciep Federico Fellini, em conjunto com os alunos da unidade escolar.

Figura 30 - Fixação da Haste do Concentrador Parabólico com alunos do Ciep Federico fellini.



Fonte: Próprio Autor, 2026

No sistema hidráulico, a bomba periférica de 1/2 hp operando em 127 V apresentou desempenho estável durante os testes realizados em condições reais de funcionamento. A inserção de ímãs de neodímio acoplados à tubulação demonstrou potencial de melhoria na dinâmica do escoamento da água, especialmente em relação à

regularidade da vazão e à estabilidade operacional do circuito hidráulico. Embora os efeitos magnéticos em fluidos ainda sejam objeto de investigação científica, estudos recentes indicam que campos magnéticos podem influenciar propriedades físico-químicas da água, reduzindo incrustações e favorecendo determinados processos de circulação hidráulica (SILVA et al., 2023).

Os testes térmicos realizados com o concentrador indicaram aumento significativo da temperatura da água submetida ao foco parabólico, confirmando a capacidade do sistema em converter energia solar em energia térmica utilizável. Esse resultado demonstra a aplicabilidade do protótipo em atividades pedagógicas voltadas ao ensino de Física, Energias Renováveis, Termodinâmica e Sustentabilidade. Além disso, o experimento possibilitou aos estudantes compreender, na prática, conceitos relacionados à transferência de calor, reflexão da radiação solar e eficiência energética.

A participação direta de 16 alunos e da equipe multidisciplinar composta por professores da educação básica e da universidade fortaleceu o caráter extensionista e interdisciplinar do projeto. A interação entre escola pública e universidade permitiu a integração entre teoria e prática, incentivando a iniciação científica e o protagonismo estudantil na resolução de problemas tecnológicos de baixo custo aplicados à realidade escolar. Segundo UNISUAM, projetos experimentais voltados às energias renováveis contribuem significativamente para o desenvolvimento da educação científica e tecnológica em escolas públicas. A Figura 31, apresenta a fixação das células do Concentrador Parabólico pelo grupo de alunos da pesquisa do CIEP Federico Felini 092.

Figura 31 - Montagem das Células do Concentrador Parabólico .



Fonte: Próprio Autor, 2026

Outro aspecto relevante observado foi o potencial do protótipo como ferramenta de conscientização ambiental. A reutilização de materiais recicláveis associada ao aproveitamento da energia solar evidencia alternativas sustentáveis para redução do consumo energético convencional, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas, especialmente aqueles relacionados à educação de qualidade, energia limpa e ação climática. A Figura 32, apresenta as células do concentrador fixadas.

Figura 32 - Células de lantonagem com EPE fixadas pelos alunos do CIEP Federico Fellini.



Fonte: Próprio Autor, 2026

Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que o concentrador parabólico desenvolvido apresenta potencial técnico, educacional e ambiental, podendo ser reproduzido em outras instituições de ensino como ferramenta experimental de baixo custo para promoção da educação científica e sustentabilidade.

4. CONCLUSÃO E PRÓXIMOS PASSOS

O desenvolvimento do protótipo de concentrador parabólico de baixo custo realizado no CIEP 092 Federico Fellini evidenciou que a integração entre reaproveitamento de materiais, energias renováveis e práticas pedagógicas experimentais representa uma alternativa eficiente para a promoção da educação científica e tecnológica em escolas públicas. Segundo PONTES e NASCIMENTO (2024), sistemas solares térmicos de baixo custo apresentam elevado potencial de aplicação educacional devido à facilidade de construção, acessibilidade financeira e capacidade de demonstrar princípios físicos de forma prática e interdisciplinar. A etapa de montagem do concentrador parabólico contou com a participação ativa dos alunos do Ensino Médio do CIEP Federico Fellini 092, promovendo a integração entre teoria e prática no desenvolvimento tecnológico.

Na figura 33, apresenta a preparação do concentrador para montagem.

Figura 33 - Apresenta a preparação do concentrador para montagem.



Fonte: Próprio Autor, 2026

Os resultados obtidos durante os testes experimentais demonstraram que o sistema apresentou capacidade satisfatória de concentração da radiação solar e aquecimento da água, confirmando a eficiência do modelo parabólico utilizado. De acordo com SANTOS e ALMEIDA (2025), concentradores solares experimentais desenvolvidos em ambientes escolares favorecem a compreensão prática dos fenômenos de transferência de calor, reflexão solar e eficiência energética, contribuindo diretamente para o ensino aplicado das Ciências Exatas e conforto térmico da unidade escolar.

A montagem do concentrador parabólico foi realizada com a participação ativa dos estudantes do CIEP Federico Fellini 092, que executaram o alinhamento e a fixação dos componentes estruturais do sistema. A etapa permitiu verificar a estabilidade mecânica do conjunto e o correto posicionamento do mecanismo de orientação solar. O processo contribuiu para a validação do protótipo e para o desenvolvimento de competências técnicas e científicas dos alunos

envolvidos na pesquisa. A figura 34, apresenta a fixação e alinhamento do concentrador .

Figura 34 - Alinhamento e Fixação do concentrador Parabólico.



Fonte: Próprio Autor, 2026

A utilização de materiais reutilizados, como a antena parabólica desativada e componentes recicláveis, reforçou os princípios da sustentabilidade e da economia circular no ambiente educacional. Nesse contexto, A participação feminina na montagem e nos ajustes mecânicos do concentrador parabólico evidenciou a inclusão das estudantes em atividades práticas de ciência, tecnologia e inovação, conforme figura 35.

Figura 35 - Alinhamento e Fixação do concentrador Parabólico.



Fonte: Próprio Autor, 2026

No sistema hidráulico, a inserção dos ímãs de neodímio apresentou comportamento operacional promissor durante a circulação da água, especialmente em relação à estabilidade do fluxo hidráulico. Conforme descrito por SILVA, COSTA e FERREIRA (2023), campos magnéticos aplicados em sistemas hidráulicos podem influenciar propriedades físico-químicas da água e contribuir para a redução de incrustações e melhoria da circulação em determinados processos experimentais. A figura 36, apresenta o ajuste do concentrador parabólico, pelas meninas do grupo, contribuindo para a redução das desigualdades de gênero nas áreas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). O envolvimento ativo das alunas fortaleceu o desenvolvimento de competências técnicas, o protagonismo estudantil e a formação científica no ambiente escolar.

Figura 36 - Ajuste do concentrador parabólico, pelas meninas do grupo.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

Além dos aspectos técnicos, o projeto proporcionou forte impacto pedagógico e social, promovendo o protagonismo estudantil, o trabalho em equipe e a integração entre educação básica e ensino superior por meio da parceria com a UNISUAM. Segundo BARROS et al. (2024), projetos experimentais envolvendo energias renováveis em escolas públicas fortalecem competências relacionadas à pesquisa aplicada, criatividade tecnológica e resolução de problemas reais, aproximando os estudantes das áreas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Durante os testes realizados em temperatura ambiente, o concentrador parabólico atingiu aproximadamente **43,5 °C** no fluido de circulação, mesmo operando sem válvula de alívio, manômetro e acumulador de calor.

A ausência desses componentes limitou o monitoramento da pressão e o armazenamento da energia térmica produzida pelo sistema. Ainda assim, o protótipo demonstrou capacidade de concentração da radiação solar e aquecimento do fluido em

condições operacionais simplificadas, conforme demonstrado na Figura 37.

Figura 37 - Medição de Temperatura em Condições ambientes de 43,5 °C



Fonte: Próprio Autor, 2026.

Outro fator relevante refere-se à contribuição ambiental do protótipo, uma vez que o aproveitamento da energia solar reduz a dependência de fontes convencionais de energia e estimula práticas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas. Na Figura 38, verificamos a equipe de trabalho atuante.

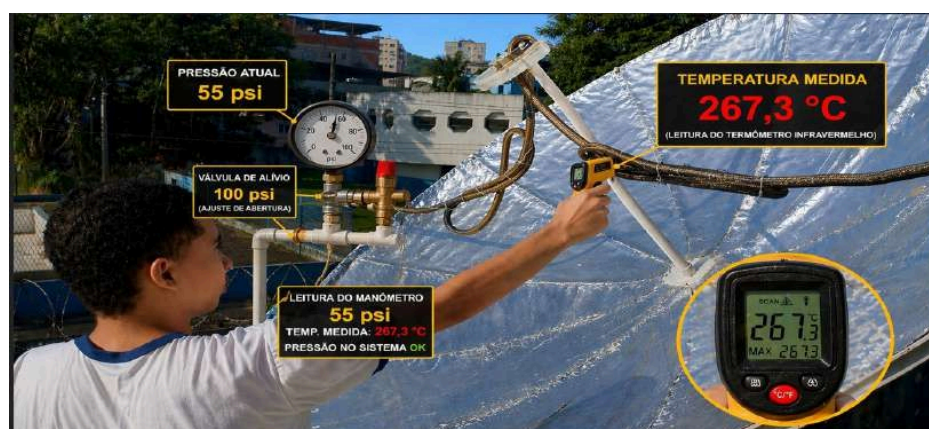
Figura 38 - Análise do funcionamento do Concentrador Parabólico.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

De acordo com FERREIRA e LIMA (2024), iniciativas sustentáveis desenvolvidas em instituições de ensino possuem papel estratégico na formação de uma consciência ambiental crítica e participativa entre os jovens estudantes. Durante os testes realizados às 10h00, o concentrador parabólico atingiu **267,3 °C**, medidos com o termômetro infravermelho Bomvik-670. A Figura 39, apresenta o aluno Pesquisador Gabriel aferindo a temperatura do concentrador.

Figura 39 - Medição de Temperatura no concentrador Parabólico do Ciep 092 - Federico Fellini.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

A Figura 40 ,apresenta a equipe de pesquisa, atuando nas aferições e ajuste do concentrador.

Figura 40 - Equipe de trabalho regulando concentrador do Ciep 092 -Federico Fellini.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

Recomenda-se a realização de novos testes para avaliar o desempenho térmico do concentrador parabólico. A Figura 41 apresenta parte da equipe de pesquisa envolvida no projeto.

Figura 41 - Turma da Pesquisa do Ciep 092 - Federico Fellini.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

A implementação de sensores digitais e sistemas de automação pode aumentar a precisão do monitoramento e da análise do concentrador parabólico. A Figura 42 apresenta a equipe da pesquisa, composta pelo supervisor Prof. Carlos Eduardo de Souza Procópio, a aluna pesquisadora Eloa Vitória Rosa de Matos e o

pesquisador responsável, Prof. Me. Claudio Marinho de Pinho Pontes, doutorando da UNISUAM.

Figura 42 - Entrevista com Professor Supervisor Carlos e Pesquisador Claudio marinho.



Fonte: Próprio Autor, 2026.

Adicionalmente, propõe-se o aprofundamento das pesquisas relacionadas à influência dos ímãs de neodímio em sistemas hidráulicos aplicados à energia solar térmica, bem como a reprodução do projeto em outras escolas públicas da rede estadual. Dessa forma, o concentrador parabólico desenvolvido demonstra potencial não apenas como equipamento experimental, mas também como ferramenta de inclusão científica, sustentabilidade e inovação tecnológica no contexto educacional brasileiro e no desenvolvimento local da região e adjacências, através da educação.

Figura 43 - Equipe da Pesquisa no Ciep 092 -Federico Fellini .



Fonte: Próprio Autor, 2026.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, M. A.; SOARES, T. P.; LIMA, R. C. Projetos de energias renováveis aplicados ao ensino público brasileiro. *Revista Brasileira de Educação Tecnológica*, v. 11, n. 2, p. 55-70, 2024.

BRASIL. Secretaria-Geral da Presidência da República. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 2026.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://www.gov.br/mre>. Acesso em: 2026.

DAHMOUCHE, M; LACERDA, M.; PINTO, S. P.; LOPES, T. Museu, universidade e escola: tríade para promoção de meninas em STEM. **Em Questão**. Porto Alegre, v. 30, p. 132879, 2024. DOI: 10.1590/1808-5245.30.132879. Disponível em:

<https://seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/132879>.

Acesso em: 21 fev. 2025.

FERREIRA, J. L.; LIMA, P. R. Sustentabilidade e educação ambiental em escolas públicas: práticas experimentais e inovação tecnológica. *Revista Educação e Sustentabilidade*, v. 8, n. 1, p. 20-38, 2024.

FESTO DIDACTIC. *FluidSIM - Manual do Usuário*. 2015.

Fernández-García, A., et al. (2023). "Advances in parabolic trough collector technologies for solar thermal applications." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 178, 113245.

International Renewable Energy Agency (IRENA). *Renewable Power Generation Costs in 2023*. Abu Dhabi: IRENA, 2024.

International Energy Agency (IEA). *Solar Energy: Mapping the Road Ahead*. Paris: IEA, 2023. Kalogirou, S. A. *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*. 3. ed. Academic Press, 2020. Duffie, J. A.; Beckman, W. A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 5. ed. Wiley, 2020.

International Renewable Energy Agency (IRENA). *World Energy Transitions Outlook 2023*. Abu Dhabi: IRENA, 2023.

International Energy Agency (IEA). *Solar PV Global Supply Chains*. Paris: IEA, 2023. REN21. *Renewables 2024 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat, 2024.

IRENA (International Renewable Energy Agency). (2023). *Innovation Outlook: Solar Thermal Power Generation*.

IEA (International Energy Agency). (2024). *Solar Thermal Energy Technology Roadmap 2024 Update*.

Kalogirou, S. A. (2023). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*, 3rd ed. Academic Press.

Kumar, A., & Reddy, K. S. (2022). "Performance evaluation of small-scale solar concentrators for high-temperature applications." *Energy Conversion and Management*, 268, 116045.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). *Relatório de Energias Renováveis no Brasil*. Brasília, 2022.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **O que é a Agenda 2030?** Disponível em: <https://brasil.un.org>. Acesso em: 2026.

ONU. *Transformando o Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. 2015.

OECD. *Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives - Update 2022-2023*. Paris: OECD Publishing, 2022.

OLIVEIRA, D. S.; CARVALHO, M. F.; PEREIRA, A. L. Reaproveitamento tecnológico e iniciação científica no ambiente escolar. *Revista Ciência Aplicada e Educação*, v. 6, n. 3, p. 44-59, 2023.

PONTES, C. M. P.; NASCIMENTO, R. S. Aplicação de concentradores solares parabólicos de baixo custo em ambientes educacionais. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 12, n. 3, p. 45-59, 2024.

REN21. *Renewables 2024 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat, 2024.

SANTOS, P. H.; ALMEIDA, T. C. Energia solar térmica aplicada ao ensino experimental em escolas públicas. *Revista Educação Tecnológica e Sustentabilidade*, v. 7, n. 1, p. 33-48, 2025.

SILVA, J. R.; COSTA, L. A.; FERREIRA, M. P. Influência de campos magnéticos em sistemas hidráulicos de circulação de água. *Revista Científica de Engenharia Aplicada*, v. 9, n. 2, p. 88-102, 2023.

SILVA, J.; SOUZA, R. *Ensino de sistemas hidráulicos com uso de softwares educacionais*. 2017.

SOUZA, E. F.; MARTINS, H. R.; GOMES, V. L. Automação e monitoramento de sistemas solares experimentais em ambientes acadêmicos. *Revista Internacional de Tecnologia Aplicada*, v. 10, n. 1, p. 61-79, 2025.

Zhang, H., Wang, Z., & Chen, Y. (2024). "Thermal performance analysis of solar concentrators under variable environmental conditions." *Applied Thermal Engineering*, 238, 121789.

¹ Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-6820-3590>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3484-145X>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-7010-1135>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

- ⁵ Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-0618-0809>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)
- ⁶ Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-0308-2488>. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)
- ⁷ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)
- ⁸ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-0221-2276>
- ⁹ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-6289-2261>
- ¹⁰ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)
- ¹¹ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)
- ¹² E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0092-6854>
- ¹³ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-7294-9194>
- ¹⁴ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)
- ¹⁵ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-4141-5376>
- ¹⁶ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9744-9871>

¹⁷ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

¹⁸ E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)