



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE BIOCIENTÍCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM REDE NACIONAL PARA ENSINO DAS
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ANDREZA KELLY SIMÕES TORREÃO

**CURSO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA PROFESSORES DA
EDUCAÇÃO BÁSICA: APLICAÇÃO DO ARDUINO PARA MONITORAMENTO DO
CO₂**

RECIFE
2025

ANDREZA KELLY SIMÕES TORREÃO

**CURSO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA PROFESSORES DA
EDUCAÇÃO BÁSICA: APLICAÇÃO DO ARDUINO PARA MONITORAMENTO DO
CO₂**

Trabalho de Conclusão Profissional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino das Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ensino de Ciências Ambientais.

Projeto Estruturante: Epistemologia, Diversidade e Formação Humana

Orientador: Otacilio Antunes Santana

RECIFE

2025

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Torreão, Andreza Kelly Simões.

Curso de formação profissional para professores da educação básica: aplicação do Arduino para monitoramento do Co2 / Andreza Kelly Simões Torreão. - Recife, 2025.

46f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro e Biociências, Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais, 2025.

Orientação: Otacilio Antunes Santana.

Inclui Referências, Apêndices e Anexo.

1. Formação Continuada; 2. Robótica; 3. Sensores Ambientais.

I. Santana, Otacilio Antunes. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

ANDREZA KELLY SIMÕES TORREÃO

**CURSO DE FORMAÇÃO PROFISSIONAL PARA PROFESSORES DA
EDUCAÇÃO BÁSICA: APLICAÇÃO DO ARDUINO PARA MONITORAMENTO DO
CO₂**

Trabalho de Conclusão Profissional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências Ambientais.

Aprovada em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Otacilio Antunes Santana (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dra. Dijanah Cota Machado (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Janílson José da Silva Júnior (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este TCP, com todo o meu carinho e gratidão, à memória de Mércia Barboza, minha querida sogra, que, mesmo não estando mais fisicamente presente, continua a ser uma fonte inesgotável de inspiração em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A realização deste Trabalho de Conclusão Profissional representa a concretização de uma trajetória de dedicação, desafios e aprendizados. No entanto, este percurso não foi trilhado de forma solitária, e sou imensamente grata a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta conquista se tornasse possível.

Ao Professor Dr. Otacilio Antunes Santana, meu orientador, expresso minha profunda gratidão pela orientação cuidadosa e pelo incentivo constante ao longo deste projeto. Sua dedicação e compromisso foram fundamentais para meu crescimento intelectual e para a construção deste trabalho.

Ao meu companheiro, Átila Barboza, pelo apoio incondicional, paciência e compreensão em cada etapa dessa caminhada. Seu incentivo diário, seu amor e sua confiança em meu potencial foram indispensáveis para que eu seguisse firme diante dos desafios.

Ao meu sogro, Edvan Barboza, pelas palavras de encorajamento e pelo apoio sempre presente, que fortaleceram minha determinação e perseverança ao longo desta jornada.

À minha irmã, Adria Simões, pelo carinho, pela cumplicidade e pelo incentivo constante. Sua presença foi essencial para que eu seguisse em frente com coragem e dedicação.

Às minhas amigas, Milena Sena e Gabriela Freitas, pela amizade sincera, pelo apoio nos momentos difíceis e pelas palavras de motivação que tornaram essa jornada mais leve e significativa.

À minha coordenadora, Andressa Ximenes, pelo suporte e incentivo ao longo do curso, por acreditar em minha capacidade e contribuir para minha formação acadêmica.

A todos que, de alguma forma, me incentivaram e apoiaram nesta trajetória, expresso meu mais sincero agradecimento. Cada gesto, cada palavra de apoio e cada demonstração de confiança foram fundamentais para que esta conquista se tornasse realidade.

Muito obrigada!

“Quem ensina aprende ao ensinar. E quem aprende ensina ao aprender.” (Paulo Freire)

RESUMO

O Trabalho de Conclusão Profissional (TCP), aqui apresentado, visa atender demandas da Base Nacional Comum Curricular e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável com a sistematização de um curso de formação profissional para professores da educação básica, sintetizado em um livro (e-book), a partir de uma temática transversal que é o papel dos gases de efeito estufa para as mudanças climáticas locais. Os objetivos específicos deste TCP foram: a) Construir um Curso de Formação Profissional para professores da educação básica que os ensine a aplicar no contexto escolar a coleta e análise de um dado ambiental (no caso a concentração de CO₂) através do uso do Arduino e um sensor acoplado (ENS160), b) Mobilizar professores para o Curso e realiza-lo com o intuito de receber feedbacks e avaliações que poderão ser inseridos no formato e conteúdo do Curso em outras edições, c) Sistematizar o Curso em um livro para que os professores possam aplicar e multiplicar em seus ambientes de laboro, d) Avaliar todo o processo de construção do Curso, da mobilização dos professores, e do e-book. Todos os objetivos propostos para este Trabalho de Conclusão Profissional foram atingidos com sucesso. O Curso de Formação Profissional para professores da educação básica que os ensine a aplicar no contexto escolar a coleta e análise de um dado ambiental (no caso a concentração de CO₂) através do uso do Arduino e um sensor acoplado foi concebido e executado: “Robótica em Projetos Ambientais com Arduíno Uno para Professores”. Os professores se mobilizaram para o curso e geraram um compilado de feedbacks e avaliações que serão inseridos no formato e conteúdo do Curso em outras edições. A sistematização do Curso em um livro é uma ferramenta que vem a responder as demandas instigadas pela Base Nacional Comum Curricular e pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: Formação Continuada; Robótica; Sensores Ambientais

ABSTRACT

The 'Trabalho de Conclusão Profissional' (TCP), presented here, aims to meet the demands of the 'Base Nacional Comum Curricular' and the Sustainable Development Goals by systematizing a professional training course for basic education teachers, summarized in a book (e-book), based on a cross-cutting theme which is the role of greenhouse gases in local climate change. The specific objectives of this TCP were: a) To build a Professional Training Course for basic education teachers that teaches them to apply the collection and analysis of an environmental data (in this case, CO₂ concentration) in the school context through the use of Arduino and an attached sensor (ENS160), b) To mobilize teachers for the Course and conduct it in order to receive feedback and evaluations that can be included in the format and content of the Course in other editions, c) To systematize the Course in a book so that teachers can apply and replicate it in their working environments, d) To evaluate the entire process of building the Course, mobilizing teachers, and the e-book. All the objectives proposed for this TCP were successfully achieved. The Professional Training Course for basic education teachers that teaches them to apply the collection and analysis of an environmental data (in this case, CO₂ concentration) in the school context using Arduino and an attached sensor was conceived and executed: 'Robotics in Environmental Projects with Arduino Uno for Teachers'. The teachers were mobilized for the course and generated a compilation of feedback and evaluations that will be included in the format and content of the Course in other editions. The systematization of the Course in a book is a tool that responds to the demands instigated by the 'Base Nacional Comum Curricular' and the Sustainable Development Goals.

Keywords: Lifelong Learning; Robotics; Environmental Sensors

SUMÁRIO

1	DIAGNÓSTICO CONTEXTUAL E DEMANDA DO PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO	10
1.1	INTERPROFISSIONALIDADE E INTERDISCIPLINARIDADE	16
1.2	INTERAÇÃO DIALÓGICA	16
1.3	IMPACTO NA FORMAÇÃO DO CURSISTA	17
1.4	IMPACTO E TRANSFORMAÇÃO SOCIAL	17
1.5	INDISOCIABILIDADE ENTRE ENSINO-PESQUISA-EXTENSÃO	17
1.6	OBJETIVO GERAL	18
1.7	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
2	PROTOTIPAÇÃO DO PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO	19
2.1	PÚBLICO-ALVO E CENÁRIOS PARA O CURSO	19
2.2	EMENTA	20
2.3	CONTEÚDO PROGRAMÁTICO	20
2.4	CARGA HORÁRIA E TAMANHO DA TURMA	20
2.5	EQUIPE DE EXECUÇÃO DO CURSO	21
2.6	PLANEJAMENTO DA AÇÃO	21
2.7	DINÂMICA DA AÇÃO	22
2.8	AVALIAÇÃO	23
2.9	PÓS-CURSO	25
3	APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO	26
3.1	APLICAÇÃO DO CURSO	26
3.2	AVALIAÇÃO DO CURSO	28
3.3	PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO: E-BOOK	36
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	38
	REFERÊNCIAS	39
	ANEXOS	41

1 DIAGNÓSTICO CONTEXTUAL E DEMANDA DO PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO

A implementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) concretizou os direcionamentos estabelecidos pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, ao definir competências e habilidades a serem desenvolvidas ao longo da educação básica. Ao estabelecer aprendizagens essenciais para cada etapa escolar, a BNCC potencializou o trabalho interdisciplinar entre os professores e contribuiu para a formação de estudantes preparados para as demandas da sociedade contemporânea. Nesse contexto, passaram a emergir novas exigências direcionadas às universidades, especialmente no que se refere à produção de recursos didáticos e ao desenvolvimento de ações formativas capazes de subsidiar, inicialmente, a atuação dos professores da educação básica e, posteriormente, impactar os estudantes e a sociedade de modo mais amplo (BRASIL, 2018).

A BNCC resultou de um processo histórico de construção de um currículo nacional voltado à garantia da equidade e da qualidade da educação básica no Brasil. Esse percurso teve como marco a Constituição Federal de 1988, que reconheceu a educação como direito de todos e dever do Estado, evidenciando a necessidade de definir aprendizagens comuns a todos os estudantes. Em continuidade, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/1996) reforçou esse princípio ao prever a existência de uma base comum curricular, respeitando as diversidades regionais e locais (SANTOS; DO NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2023).

Ao longo dos anos, diferentes normativas fortaleceram essa perspectiva, com destaque para as Diretrizes Curriculares Nacionais publicadas em 2013, que orientaram os sistemas de ensino na organização de seus currículos. Nesse cenário, a BNCC foi concebida como um documento normativo de referência, responsável por definir as aprendizagens essenciais a serem desenvolvidas em todas as etapas da educação básica. Seu processo de elaboração teve início em 2015 e caracterizou-se pela ampla participação social, envolvendo educadores, pesquisadores, gestores e representantes da sociedade civil (SANTOS; DO NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2023).

Com a alteração da LDB pela Lei nº 13.415/2017, a legislação passou a

utilizar de forma complementar as noções de direitos, objetivos de aprendizagem, competências e habilidades para definir as finalidades da educação básica, especialmente no Ensino Médio. Essas nomenclaturas passaram a expressar, de maneira integrada, aquilo que é comum a todos os estudantes, abrangendo tanto os conhecimentos quanto a capacidade de mobilizá-los e aplicá-los em diferentes contextos, o que se configura como fundamento estruturante da BNCC (BRASIL, 2018).

A homologação da BNCC ocorreu em 2017, tornando obrigatória a adequação dos currículos das redes públicas e privadas às competências e habilidades nela estabelecidas. Contudo, sua implementação exigiu adaptações às realidades locais, evidenciando desafios relacionados à formação docente, à reorganização curricular e às condições estruturais das instituições escolares. A BNCC passou a destacar de forma mais consistente a importância das tecnologias digitais na educação, reconhecendo o Pensamento Computacional como competência fundamental para a formação dos estudantes no século XXI (SANTOS; DO NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2023).

Diante desse cenário, tornou-se necessária uma normatização específica para a área de Computação, o que resultou na elaboração da BNCC Computação, concebida como documento complementar à BNCC. Essa iniciativa buscou estruturar, de forma sistemática, a inserção da Computação na educação básica, considerando o avanço tecnológico e a crescente presença das tecnologias digitais na sociedade. A BNCC Computação organizou-se em três eixos estruturantes (Pensamento Computacional, Mundo Digital e Cultura Digital), com o objetivo de promover o uso crítico, ético e criativo das tecnologias da informação e comunicação (SANTOS; DO NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2023).

A partir de 2023, com o fortalecimento dos dispositivos legais e das diretrizes associadas à BNCC Computação, os estados e municípios passaram a reorganizar seus currículos, visando à implementação efetiva dessa área do conhecimento em todas as etapas da educação básica. Esse movimento reafirmou o papel da BNCC como instrumento orientador das políticas públicas educacionais, ao mesmo tempo em que evidenciou a permanência de desafios relacionados à formação de professores e à consolidação de práticas pedagógicas alinhadas ao contexto digital contemporâneo (SANTOS; DO NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2023).

Diante dessas demandas, este Trabalho de Conclusão Profissional (TCP)

teve como objetivo contribuir por meio da sistematização de um curso de extensão tecnológica destinado a professores da educação básica, apresentado no formato de e-book e tendo como temática transversal o papel dos gases de efeito estufa nas mudanças climáticas locais. O curso “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores”, foco deste trabalho, fundamentou-se em duas competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC): uma referente ao Ensino Fundamental, relacionada à avaliação das implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias; e outra voltada ao Ensino Médio, associada à investigação de situações-problema e à análise do conhecimento científico e tecnológico em contextos reais. O curso também se ancora no eixo Pensamento Computacional da BNCC Computação, documento complementar à BNCC.

Além disso, a proposta incentivou o uso de procedimentos e linguagens próprias das Ciências da Natureza para a elaboração de soluções a demandas locais, regionais e globais, bem como a comunicação de resultados por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais. A partir dessas competências, o curso desdobra-se em três habilidades a serem desenvolvidas no contexto escolar, promovendo uma abordagem interdisciplinar, contextualizada e aplicável à realidade educacional (BRASIL, 2018).

No Ensino Fundamental, as habilidades trabalhadas e passíveis de aplicação a partir do curso foram: (EF07CI06) discutir e avaliar mudanças econômicas, culturais e sociais, tanto na vida cotidiana quanto no mundo do trabalho, decorrentes do desenvolvimento de novos materiais e tecnologias, como automação e informatização; e (EF07CI11) analisar historicamente o uso da tecnologia, incluindo a digital, nas diferentes dimensões da vida humana, considerando indicadores ambientais e de qualidade de vida. Para o Ensino Médio, foi contemplada a habilidade (EM13CNT308), que envolveu investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação, a fim de compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais (BRASIL, 2018).

Além disso, a temática abordada no e-book também pode ser desenvolvida no âmbito dos Itinerários Formativos do Ensino Médio, especialmente nos itinerários de Matemática e suas Tecnologias e de Empreendedorismo. No primeiro, possibilitou-se o aprofundamento de conhecimentos estruturantes relacionados à

resolução de problemas, análise de dados, robótica, automação, programação e inteligência artificial, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta dos sistemas de ensino. No segundo, promoveu-se a mobilização de conhecimentos de diferentes áreas para a formação de iniciativas voltadas ao desenvolvimento de produtos ou serviços inovadores com o uso de tecnologias digitais (BRASIL, 2018).

A BNCC Computação (BRASIL, 2022) complementa a Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) ao estabelecer orientações sobre as formas e prioridades do ensino de Computação nas três etapas da Educação Básica. Fundamentada no parecer CNE/CEB nº 2/2022, que define as normas da Computação na Educação Básica (BRASIL, 2022), essa diretriz organiza o ensino da área em três eixos articulados. Conforme apresentado por Ribeiro et al. (2022), a BNCC estrutura as competências relacionadas à computação em Pensamento Computacional, Mundo Digital e Cultura Digital; enquanto o primeiro envolve resolução de problemas e análise de algoritmos, o segundo trata do uso e manipulação de artefatos digitais e do fluxo de informações, e o terceiro refere-se ao uso ético e crítico das tecnologias para criação e comunicação. Nesse contexto, este trabalho buscou contribuir para o processo de implantação da BNCC Computação ao propor práticas formativas voltadas ao eixo do Pensamento Computacional, por meio de atividades de Robótica Educacional. Conforme ressaltaram Ribeiro et al. (2022), a oferta do ensino de Computação no Ensino Fundamental e Médio mostrou-se indispensável para a formação de cidadãos capazes de compreender o mundo digitalizado, desenvolver habilidades de pensamento computacional e reduzir desigualdades sociais.

Segundo Zilli et al. (2004), a Robótica Educacional é uma ferramenta pedagógica fundamental, uma vez que possibilita um aprendizado dinâmico e, simultaneamente, desenvolve competências como trabalho em equipe, pensamento crítico e raciocínio lógico. Além disso, seu uso em sala de aula proporciona aos alunos a oportunidade de enfrentar e superar desafios na resolução de problemas.

Para sua implementação, diversos recursos podem ser empregados, incluindo materiais recicláveis e kits específicos, como os da Lego, que oferecem metodologias estruturadas para facilitar a aplicação da robótica nas atividades escolares. Ademais, a Robótica Educacional pode ser inserida no contexto escolar tanto como disciplina regular quanto como atividade extracurricular, o que favorece sua integração ao currículo. Para um melhor aproveitamento, recomenda-se a destinação de um período específico, como cerca de duas horas semanais, para que

os alunos possam realizar experimentos e desenvolver projetos. Da mesma forma, sugere-se a formação de turmas reduzidas, permitindo, assim, uma interação mais eficaz e um acompanhamento mais próximo durante as atividades.

No que se refere ao contexto brasileiro, Campos (2017) destaca que a robótica educacional tem ganhado relevância nas últimas décadas, sendo reconhecida como um recurso valioso para o desenvolvimento cognitivo e social dos estudantes, desde a educação infantil até o ensino médio. Além disso, seu uso é apontado como um suporte significativo para o ensino de disciplinas como Ciências e Matemática. No entanto, o autor ressalta que ainda existem desafios a serem superados, especialmente no que diz respeito à necessidade de maior capacitação dos professores e a uma integração mais eficiente da robótica ao currículo escolar.

Assim, enfatiza a importância de fortalecer a colaboração entre pesquisadores e educadores, pois essa parceria pode contribuir para a superação de dificuldades existentes e impulsionar inovações na prática educacional.

Corroborando essa perspectiva, Azevedo, Aglaé e Pitta (2010) afirmam que a robótica educacional é uma ferramenta relevante no ambiente escolar, pois proporciona um aprendizado ativo e investigativo, estimulando o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico e resolução de problemas. Além disso, incentiva a experimentação, o planejamento e o trabalho em equipe, contribuindo, portanto, para o desenvolvimento das habilidades técnicas de forma lúdica. Esse processo torna os alunos mais engajados e motivados, o que pode impactar positivamente sua autoestima à medida que constroem e programam seus próprios robôs, refletindo sobre suas experiências de aprendizagem.

Para facilitar a aplicação da robótica educacional em sala de aula, diversas abordagens e materiais podem ser utilizados. Por um lado, os docentes têm a opção de trabalhar com kits específicos, adequados a diferentes níveis de ensino, que incluem componentes para montagem de robôs e softwares de programação, como o RoboEduc, voltado para a programação de microcontroladores. Por outro lado, é possível utilizar materiais alternativos e sucata para a criação de modelos de robôs de baixo custo, incentivando a criatividade dos alunos. Dessa maneira, as atividades podem variar entre montagens guiadas, nas quais os alunos seguem manuais, e projetos mais abertos, nos quais os estudantes constroem seus próprios robôs sem instruções detalhadas, favorecendo, assim, a autonomia e a colaboração em grupo.

Assim, o curso propôs a capacitação de professores da educação básica para

implementar, em sala de aula, projetos ambientais utilizando uma ferramenta de prototipagem eletrônica e um sensor para coleta de dados ambientais, de modo a potencializar o desenvolvimento das competências e habilidades previstas na BNCC e na BNCC Computação. Ao trabalhar com programação, análise de dados e resolução de problemas reais, a formação favoreceu a introdução do Pensamento Computacional no contexto escolar, promovendo aprendizagens significativas que articulam tecnologia, investigação científica e sustentabilidade dentro dos itinerários formativos e das práticas pedagógicas da educação básica.

De acordo com Júnior et al. (2019), o Arduino é uma plataforma de prototipagem de código aberto que possibilita a criação de diversos projetos eletrônicos por meio de uma linguagem de programação baseada em C/C++. Desenvolvida na Itália, em 2005, essa ferramenta se destaca por sua versatilidade, baixo custo e facilidade de uso, permitindo a integração de diversos componentes eletrônicos. No contexto da educação básica, o Arduino se apresenta como um recurso inovador, viabilizando atividades práticas que favorecem a compreensão de conceitos científicos e tecnológicos. Além disso, sua utilização contribui para um aprendizado mais significativo e engajador, ao mesmo tempo em que estimula o desenvolvimento de habilidades práticas e raciocínio lógico (LIMA JÚNIOR et al., 2019; ARDUINO, 2024).

No desenvolvimento do curso, os professores aprenderam desde a montagem do hardware com sensores até a comunicação entre computador e placa, bem como a interpretação dos dados registrados no software Arduino IDE. Tutoriais acessíveis foram apresentados ao longo da formação, permitindo que, ao final do percurso, os cursistas desenvolvessem seus próprios projetos, tanto na área ambiental quanto em outras áreas de interesse.

Especificamente, o curso concentrou-se na construção de um medidor de concentração de CO₂, indicador relevante para a discussão sobre emissões de gases de efeito estufa. A partir desse protótipo, foi possível trabalhar as habilidades, os itinerários formativos e o eixo da BNCC Computação mencionados anteriormente, além de atender a políticas afirmativas ambientais, em especial ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 13, Ação Contra a Mudança Global do Clima (ONU, 2024).

Por fim, além de atender às demandas da política curricular nacional e às políticas socioambientais, a relevância deste curso justificou-se pelas cinco

dimensões da Política Nacional de Extensão Universitária (FORPROEX, 2012): 1.1. Interdisciplinaridade e Interprofissionalidade, 1.2. Interação Dialógica, 1.3. Impacto na Formação do Cursista, 1.4. Impacto e Transformação Social, e, 1.5. Indissociabilidade entre Ensino-Pesquisa-Extensão.

1.1 INTERPROFISSIONALIDADE E INTERDISCIPLINARIDADE

O Curso proposto é um curso de formação profissional, que desmistifica, capacita e instiga. Desmistifica, pois mostra aos professores distantes de uma prática tecnológica por vocação ou oportunidade (tecnofobia), que a sistematização e uso de determinadas ferramentas robóticas automatizadas podem ser aprendidas e executadas por professores de outras áreas, mesmo em projetos complexos. Para isso, o uso de tutoriais do tipo passo a passo vai capacitando o professor a utilizar outros meios para ensinar um mesmo fim. Com isso, o curso instiga o professor a utilizar esta nova linguagem e demanda curricular e social em suas práticas docentes para conseguir mobilizar o estudante que é mais inserido na relação hardware-software-peopleware.

A segmentação do currículo nacional em habilidades a serem construídas desapropria um determinado conteúdo de uma disciplina específica. Temas como tecnologia e robótica podem ser transversalizados de língua portuguesa no ensino fundamental aos itinerários formativos no ensino médio. E, no momento da aula, cada disciplina insere a ferramenta de sua natureza na construção do conhecimento a ser aprendido. Por exemplo, ensinar a construção de um medidor de concentração de CO₂ envolve conhecimentos básicos de redação de protocolos (português), de energia (física), de informática (matemática), de coleta e análise dos dados (matemática), do impacto deste gás na biota (biologia), da composição atômica deste gás (química), da dispersão do gás na troposfera (geografia), etc...

1.2 INTERAÇÃO DIALÓGICA

O curso “Robótica em Projetos Ambientais com Arduíno Uno para Professores” terá cinco momentos em que os cursistas serão o protagonista da construção da aprendizagem em que terão que: i) situar como a coleta da concentração de CO₂ se insere no seu contexto e cenário educacional; ii) relacionar o dado coletado com sua análise e interpretação coletiva, a temas universais como Mudanças Climáticas Globais e Antropoceno; iii) propor a criação particularizada de

Planos de Ensino, a partir do lecionado, do tematizado e do contexto de cada professor; iv) propor a elaboração interdisciplinar de projetos socioambientais que envolvam uma participação de um número maior de atores na escola (professores de outras disciplinas e alunos de vários anos escolares) para que juntos tracem estratégias para se atingir os objetivos de desenvolvimento sustentável; e v) criar avaliações da aprendizagem que envolvam os passos do processo, avaliações que estimulem: a) o didatismo autoral, b) o trabalho com audiovisual e c) o uso da inteligência artificial.

1.3 IMPACTO NA FORMAÇÃO DO CURSISTA

O cursista ao final conseguirá: i) conceituar a plataforma Arduino, ii) configurar outros sensores na placa Arduino, bem como realizar a comunicação entre a placa e o software Arduino IDE, iii) coletar dados, iv) interpretar os dados e fazer uma análise contextual, v) propor planos de ensino que contenham o Arduino como ferramenta, e vi) propor projetos socioambientais para seu cenário profissional que envolvam os itinerários formativos dos estudantes.

Estas competências acrescentarão ao portfólio do professor que poderá ser desdobrada em projetos de pós-graduação (mestrado e doutorado) que trarão conhecimento, titulação e promoção na carreira profissional.

1.4 IMPACTO E TRANSFORMAÇÃO SOCIAL

O curso mencionado tem como finalidade que o professor aprenda uma nova ferramenta que poderá ser utilizada para potencializar o ensino-aprendizagem do estudante e instigar os aprendizes a utilizarem estes dispositivos tecnológicos. Porém, como meio para se chegar a esta finalidade, um indicador ambiental será utilizado (concentração de CO₂), indicador este que pode indicar cenários de poluição, desmatamento e de transformação de ambientes silvestres em ambientes inóspitos. Com isso, o próprio cursista em seus diálogos com os estudantes criará um ambiente de conscientização ambiental e de práxis ambiental (busca por solução para este indicador fique a nível salutar).

1.5 INDISSOCIABILIDADE ENTRE ENSINO-PESQUISA-EXTENSÃO

Neste tópico, é uma síntese dos outros. Professores serão capacitados, desmistificados e instigados a usarem em seus planos de ensino a plataforma

Arduino (aprendizagem do aluno), no qual coletará dados de um indicador ambiental, que poderá ser desdobrado a um diálogo científico (elaboração de hipóteses, revisão de literatura, delineamento experimental, coleta e análise dos dados, conclusão científica e recomendações sociais), e ao final o conhecimento construído poderá ser transferido para comunidade adjacente à escola (transferência de tecnologia = extensão tecnológica).

1.6 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral para este TCP foi sistematizar um Curso de Formação Profissional em um livro (e-book) voltados para professores da educação básica sobre o ensino e uso do Arduíno, no contexto escolar, aplicado a uma temática ambiental com uso de um sensor de coleta de dados.

1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste TCP foram:

- a) Construir um Curso de Formação Profissional para professores da educação básica que os ensine a aplicar no contexto escolar a coleta e análise de um dado ambiental (no caso a concentração de CO₂) através do uso do Arduino e um sensor acoplado,
- b) Mobilizar professores para o Curso e realiza-lo com o intuito de receber feedbacks e avaliações que poderão ser inseridos no formato e conteúdo do Curso em outras edições,
- c) Sistematizar o Curso em um livro para que os professores possam aplicar e multiplicar em seus ambientes de laboro,
- d) Avaliar todo o processo de construção do Curso, da mobilização dos professores, e do e-book.

2 PROTOTIPAÇÃO DO PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO

2.1 PÚBLICO-ALVO E CENÁRIOS PARA O CURSO

O Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores” teve como público-alvo professores da educação básica brasileira, por serem efetivadores da alfabetização tecnológica no cenário educacional (habilidade a ser construída nos estudantes da Educação Básica) e da implementação de ferramentas tecnológicas não obsoletas, ações previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Os cenários foram três: i) Remoto: inicialmente, os cursistas recebem orientações detalhadas para realizar o download do software Arduino IDE e a instalação da biblioteca DFRobot_ENS160. Esse primeiro contato foi mediado por meio de um grupo no WhatsApp, no qual os participantes matriculados tiveram acesso às informações iniciais de forma clara e organizada, facilitando o início do curso; ii) Presencial: em uma sala de aula, onde a coordenadora do curso “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores” apresentou a fundamentação teórica. Durante essa fase, também foram realizadas atividades práticas, incluindo o desenvolvimento de um projeto multidisciplinar em equipes. Além disso, a coordenadora promoveu diálogos produtivos, escutou as propostas dos participantes e incentivou a troca de ideias, ampliando as perspectivas sobre o tema; iii) Remoto: por fim, o último momento incluiu tanto a Avaliação de Aprendizagem quanto o Feedback do curso, culminando no Fórum dos cursistas. Nesse espaço, cada participante teve a oportunidade de compartilhar suas vivências e relatos na área de Tecnologia/Robótica, acumulados ao longo de sua trajetória profissional. Durante o fórum, foram destacados os sucessos alcançados e as limitações enfrentadas no desenvolvimento do projeto, bem como os desafios relacionados à aplicação das atividades nos diferentes cenários educacionais.

Esses três cenários estão conectados para integrar teoria, prática e reflexão, promovendo um aprendizado colaborativo e significativo que impacta tanto a formação dos cursistas quanto seus contextos educacionais.

2.2 EMENTA

A ementa do curso “Robótica em Projetos Ambientais com Arduíno Uno para Professores” teve como principais tópicos: I. Fundamento sobre a Base Nacional Comum Curricular, II. Apresentação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, III. Introdução à Robótica Educacional, IV. Fundamentos do Arduino, V. Aplicação de Sensores em Projetos Ambientais, VI. Desenvolvimento de Projetos de Estudos Ambientais em Cenários Educacionais, VII. Dinamização das Metodologias Ativas e Interdisciplinares na Educação Ambiental, VIII. Proposição de Avaliações da Aprendizagem Alternativas.

2.3 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

O conteúdo programático do Curso foi:

- A) Base Nacional Comum Curricular
- B) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- C) Robótica Educacional
- D) Arduino Uno: hardware
- E) Arduino IDE: software
- F) Sensores: conceitos e aplicações.
- G) Sensor ENS160 (medidor da concentração CO₂): integração com Arduino
- H) Planos de Aulas com Arduino e Sensores
- I) Aprendizagem Baseada em Projetos Ambientais
- J) Avaliações da Dinâmica de Aprendizagem com Arduino

2.4 CARGA HORÁRIA E TAMANHO DA TURMA

A carga horária de um curso de formação profissional significativo foi de 20 horas, porém pode ser estendido conforme outros sensores forem apresentados na parte prática. Estas 20 horas foram divididas em oito partes: i) 7 horas de leitura e pesquisa prévia, ii) 1 horas de teoria, iii) 2 horas (montagem do hardware e comunicação hardware-software) iv) 1 hora (observação do funcionamento do sistema), v) 1 horas de diálogos (propostas de plano de aula e projetos nas escolas), vi) 3 horas (avaliação do processo de aprendizagem do curso), vii) 2 horas de feedback sobre toda a atividade, e viii) 3 horas pós-curso (compartilhamento de experiências e fórum permanente dos cursistas).

O tamanho ideal para cada turma do curso é de dez alunos, principalmente pela atenção à parte prática que envolve a instalação de componentes eletrônicos, e pela proposição de planos e projetos que precisam de um diálogo ativo entre os cursistas.

2.5 EQUIPE DE EXECUÇÃO DO CURSO

A equipe para um curso deste se deu por duas pessoas, uma coordenadora que lecionou a parte teórica e mediou a parte prática e toda atividade síncrona e assíncrona, e monitora que ajudou na mediação da parte prática e na comunicação entre cursistas e coordenação do curso. É recomendado que a cada cinco cursista se tenha um monitor na sala de aula.

2.6 PLANEJAMENTO DA AÇÃO

O planejamento para o curso “Robótica em Projetos Ambientais com Arduíno Uno para Professores” se deu em duas etapas: i) leitura e pesquisa em textos e informações referenciais, e ii) separação do material da prática.

Os textos e informações referenciais foram: Arduino (2024); Brasil (2018, 2022, 2024a, 2024b, 2025); E-Docente (2024); Nascimento (2024); ONU (2024); OpenAi (2024); Ottoni (2024); e Warren (2029).

A partir destas informações, no momento pré-encontro presencial, os cursistas buscaram as informações que convirjam para a habilidade que ensina no seu cenário profissional. Isto foi importante no momento dos diálogos e proposição de planos de aula e projetos ambientais a partir do Arduino.

O Material para prática foi: a) Placa Uno R3 Atmega328 Smd Com Pinos GI, b) sensor ENS160, c) quatro fios de cabo para arduino 10cm – macho para macho, d) uma placa de ensaio (breadboard), e) cabo 9V USB, f) computador desktop ou notebook conectado a internet, e g) software Arduino IDE (> 2.0) (Anexo A.1). Recomenda-se um conjunto para cada grupo de cinco alunos.

O cenário para o encontro presencial foi uma sala com dez carteiras no mínimo, uma mesa central e um projetor de slides do tipo datashow.

2.7 DINÂMICA DA AÇÃO

A dinâmica do Curso se deu em oito momentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Momentos e Ações do Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores”.

Momento/ Carga Horária	Ação
1º (7 horas)	O curso se iniciou com a leitura dos textos, informações referenciais e instruções técnicas recomendadas antes do encontro presencial. O cursista executou esta etapa de forma assíncrona e remota.
2º (1 hora)	Nesta etapa, a coordenadora do curso lecionou de forma concisa todo conteúdo programático e explicou as dinâmicas, com o apoio da projeção de slides.
3º (2 horas)	Nesta etapa, todo o material eletrônico foi disponibilizado sobre a mesa. De forma mediada e, ao mesmo tempo, independente, os cursistas realizaram a montagem do hardware com o sensor. Em seguida, aqueles que concluíram essa etapa estabeleceram a comunicação entre o hardware e o software. Para auxiliar nesse processo, foi fornecido tutoriais detalhados (https://linktr.ee/ProfaAndrezinha), com instruções passo a- passo, que orientarão os cursistas em todas as etapas da montagem e integração tecnológica.
4º (1 hora)	Após o terceiro momento, os cursistas observaram o funcionamento da placa Arduino integrada ao sensor, bem como a coleta e a apresentação dos dados no layout programado. Com base nesses dados, os participantes foram incentivados a fazer inferências sobre como utilizá-los em suas práticas docentes e em projetos que envolvam toda a escola, incluindo sua aplicação em itinerários formativos. Nesse momento, foi necessário que a coordenadora, atuando como mediadora, promova um diálogo enriquecedor. Esse diálogo permitiu que todos os cursistas proponham e compartilhem dinâmicas educacionais, a partir do que foi sistematizado, coletado e analisado, contribuindo para a troca de experiências e a ampliação das possibilidades pedagógicas.
5º (1 hora)	Os cursistas elaboraram um plano de ensino que inclua um projeto utilizando Arduino e um sensor de CO ₂ , especificando os objetivos, a metodologia e os conteúdos a serem abordados. Em seguida, desenvolveram avaliações inovadoras, como vídeos, podcasts ou relatórios visuais, visando verificar a aprendizagem dos estudantes. Essa atividade foi realizada de forma dialogada, em equipes multidisciplinares, promovendo a troca de ideias e a colaboração entre os participantes, enriquecendo as propostas por meio de diferentes perspectivas e experiências.

6º (3 horas)	Finalizado a etapa presencial do curso há a Avaliação da Aprendizagem que foram perguntas fechadas (múltipla escolha), para se verificar a atenção e compreensão dos cursistas
7º (2 horas)	Na penúltima etapa do curso, os participantes preencheram um formulário de feedback (https://linktr.ee/ProfaAndrezinha), oferecendo suas impressões sobre o conteúdo, a metodologia e as atividades realizadas. Esse retorno é essencial para identificar pontos fortes e áreas que podem ser aprimoradas, contribuindo para a constante melhoria da formação. A opinião dos cursistas ajudou a ajustar práticas e a incluir novas ideias que tornem futuras edições ainda mais eficazes e relevantes.
8º (3 horas)	O último momento foi um fórum dos cursistas (https://linktr.ee/ProfaAndrezinha), no qual cada participante compartilhará suas vivências na área de Tecnologia/Robótica ao longo de sua trajetória profissional. Nesse espaço, serão apontados os sucessos e as limitações enfrentadas no desenvolvimento do projeto, além de serem descritos os desafios encontrados na aplicação das atividades em seus respectivos cenários educacionais.

Fonte: Elaborada pela Autora.

Os detalhes da montagem do hardware com o sensor, a mensuração e análise dos dados podem ser observados via site <https://linktr.ee/ProfaAndrezinha> e pelos Anexos (A.1 Layout da Montagem do Hardware e Sensor; A.2 Programação a ser inserida no software Arduino IDE para a coleta da concentração de CO₂ utilizando o sensor ENS160; e A.3 Faixa de concentração de CO₂ e impactos à saúde segundo parâmetros da OMS.).

2.8 AVALIAÇÃO

A avaliação se deu em duas etapas: i) avaliação da aprendizagem dos cursistas, e ii) avaliação do curso de forma geral (Tabela 2).

Tabela 2 – Tipos de Avaliação, Formato e Notas atribuídas para o Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores”.

Tipo de Avaliação	Formato	Nota
Avaliação da Aprendizagem (Da Coordenadora para os Cursistas)	0. Assiduidade dos Cursistas nas atividades	Não assiduidade significou o desligamento do cursista.

Avaliação da Aprendizagem (Dos Cursistas para Coordenação)	<p>1. Verificação da leitura dos textos e das informações 1,0 por meio da checagem do download, no notebook pessoal, do software Arduino IDE e da biblioteca DFRobot_ENS160.h, conforme solicitado remotamente via grupo de WhatsApp antes do encontro presencial.</p>
	<p>2. Perguntas fechadas (múltipla escolha) ao final da 1,0 aula teórica para se verificar a atenção e compreensão dos cursistas</p>
	<p>3. Interpretação dos Tutoriais, montagem do 2,0 Hardware com o Sensor e comunicação hardware/software</p>
	<p>4. Participação ativa nos diálogos (oral) e proposição 2,0 de planos de aula (escrito) e projetos ambientais (escrito ou oral).</p>
	<p>5. Proposição por escrito de um formato não formal 2,0 de uma avaliação de aprendizagem a partir da utilização do Arduino e sensores em seus cenários educacionais.</p>
Avaliação da Aprendizagem (Dos Cursistas para Coordenação)	<p>1. Entrevista em vídeo, no qual cada cursista relatou 1,0 o sucesso e a limitação do Curso, e dará sugestões para novas versões do curso.</p>
	<p>2. Feedback do curso e um Fórum por meio de uma 1,0 plataforma de ensino e aprendizagem virtual viabilizando a comunicação entre coordenadora, monitores, cursistas e outros cursistas de outras turmas.</p>

Fonte: Elaborada pela Autora.

Todos os cursistas assíduos e com nota maior que 7,0 receberam certificados da ProExC/UFPE.

2.9 PÓS-CURSO

O pós-curso é uma continuação do oitavo momento do curso, aqui a mediadora abriu um canal de comunicação (<https://linktr.ee/ProfaAndrezinha>) onde todos os cursistas de todas as turmas possam: i) trocar suas vivências, ii) relatar sucessos e limitações, iii) sugerir novos hardwares/sensores, iv) idealizar planos de aula e projetos ambientais, e v) consolidar um grupo de trabalho (network).

É importante a participação e a voz de todos para a consolidação deste curso; por isso, a mestrandona responsável por este TCP continuará a interagir com os cursistas e a responder aos feedbacks enviados. O material também será continuamente alimentado pelas contribuições dos participantes, permitindo incorporar atualizações, novas abordagens para o trabalho com robótica e outras tecnologias em sala de aula. Dessa forma, abre-se espaço para o compartilhamento de vivências tanto plugadas quanto desplugadas, especialmente aquelas relacionadas a práticas de sustentabilidade e projetos ambientais. Assim, o curso se torna um ambiente colaborativo, dinâmico e em constante construção, onde diferentes experiências enriquecem o processo formativo e fortalecem a integração entre tecnologia, educação e responsabilidade socioambiental.

3 APLICAÇÃO E VALIDAÇÃO DO PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO

3.1 APLICAÇÃO DO CURSO

O Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduíno Uno para Professores” foi registrado como um Curso de Extensão na Pró-reitoria de Extensão e Cultura (ProExC) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), tendo como unidade proponente o Departamento de Biofísica e Radiobiologia (DBR/UFPE) e unidade executora o Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências Ambientais (ProfCiAmb). A proposta foi executada e concluída entre 06 e 09 de novembro de 2024 e recebeu o código CR069-2024 da ProExC/UFPE.

O número de inscritos e participantes foram dez professores da Educação Básica: um da matemática, uma da física, quatro da biologia, três da geografia e uma da saúde (enfermagem) (Figura 1). Esta representatividade foi relevante e suficiente para o feedback interdisciplinar do curso e para todo o processo de avaliação.

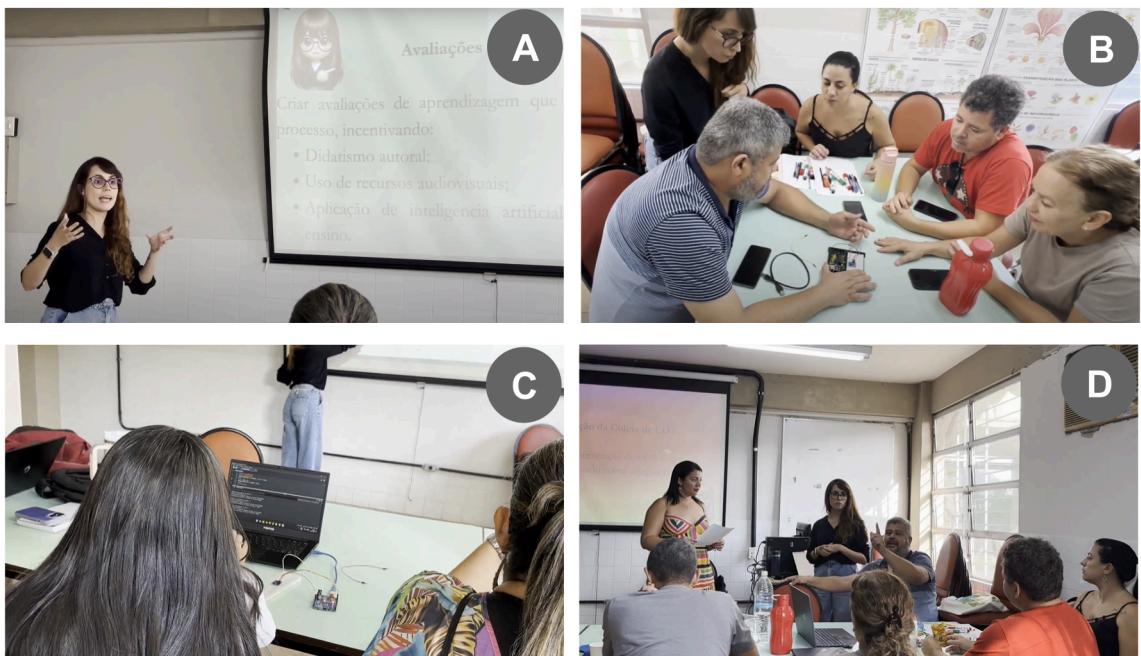
Figura 1 – Cursistas do Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduíno Uno para Professores”.



Fonte: Elaborada pela Autora.

As etapas seguiram conforme o planejado, contando com a participação ativa dos cursistas em todas as atividades propostas. Além disso, houve uma fluidez entre os momentos que compuseram a etapa presencial (Figura 2), pois as dúvidas que surgiam eram esclarecidas não apenas pela coordenadora do curso, mas também pelos próprios participantes, a partir da intuição construída ao longo do processo de aprendizagem. Ademais, a presença de uma monitora e de uma coordenadora garantiu que nenhum cursista ficasse sem acompanhamento ou ocioso durante todo o período, incentivando-os continuamente a refletir sobre o que haviam sistematizado.

Figura 2 – Principais Etapas do Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores”: A) aula teórica; B) montagem do hardware; C) comunicação software-hardware; e D) propostas de planos de ensino e projetos pelos professores da Educação Básica.



Fonte: Elaborada pela Autora.

Momentos-chaves das etapas mencionadas na Figura 2 foram sintetizados em um vídeo <<https://youtu.be/SpKfUhKRc54>> que serviu para a coordenadora do curso os pontos positivos (sucesso) e pontos a serem superados (limitações) em uma nova versão do curso. Ou seja, nas próximas edições do curso, serão versões aprimoradas a partir dos anteriores.

3.2 AVALIAÇÃO DO CURSO

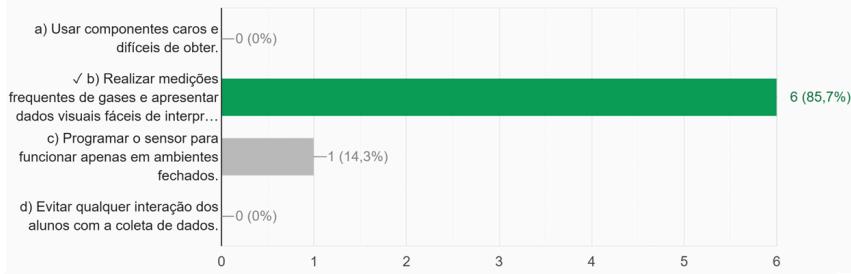
A avaliação da aprendizagem realizada ao fim do curso mostrou a internalização do conteúdo e das práticas do curso, em que a nota média foi acima de 8,6 de um total de 10 (Tabela 3). Nesta avaliação, alguns alunos não fizeram no sistema, pelo limite de tempo de disponibilização da avaliação, porém responderam de outra maneira (oral ou manualmente).

Tabela 3 – Avaliação da Aprendizagem do Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores”.



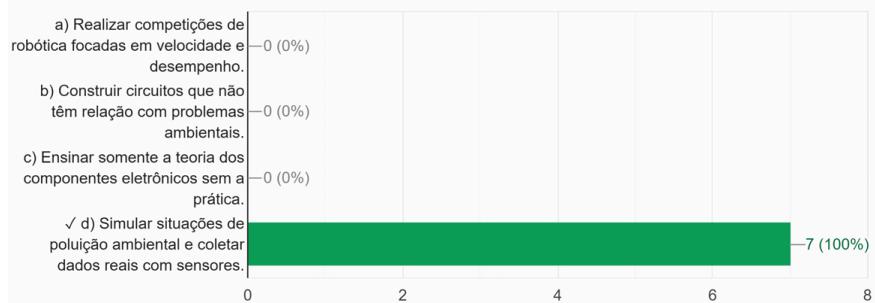
O que é necessário para que um projeto com Arduino Uno e o sensor ENS160 seja eficaz em educar os alunos sobre mudanças climáticas?

6 / 7 respostas corretas



Durante o curso, foi discutida a importância do ODS13. Que estratégia pedagógica é mais adequada para integrar essa meta em uma aula de robótica com Arduino?

7 / 7 respostas corretas



Fonte: Elaborada pela Autora.

A avaliação geral do curso foi registrada em vídeo <<https://youtu.be/ZcobZ3BzTow>> (Figura 3) e foi bem representativa pois os participantes apontaram como as atividades os mobilizaram e destacaram formas para aperfeiçoar alguma etapa nas próximas edições do curso.

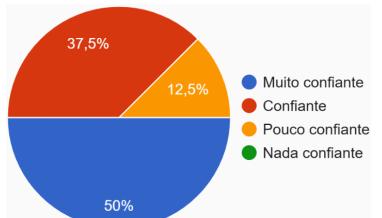
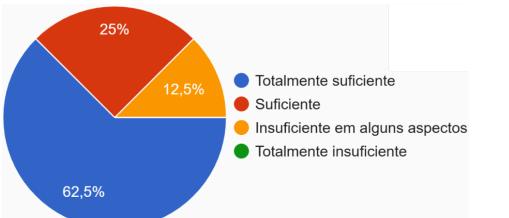
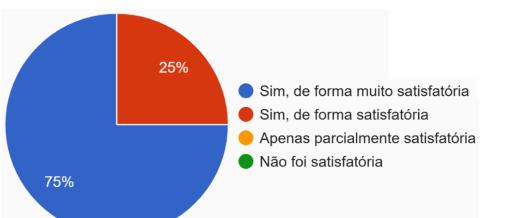
Figura 3 – Layout da Coleta em Vídeo da Avaliação.



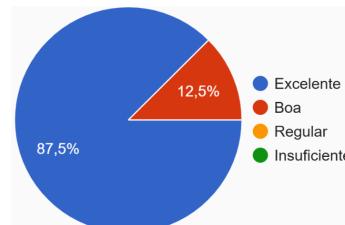
Fonte: Elaborada pela Autora.

As falas do vídeo corroboraram com o Feedback objetivo disponibilizado em que os cursistas avaliaram o curso quanto a relação real/ideal, ou seja, o que foi apresentado e o que eles esperavam (Tabela 4). Houve uma tendência de aceitação do curso como referência de aprendizado e de cumprimento do que foi proposto.

Tabela 4 – Feedback do Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores”.

Perguntas	Respostas (n = 10)								
Como você avalia a clareza dos conteúdos apresentados sobre o uso do Arduino Uno em projetos ambientais?	 <table border="1"> <tr> <td>Muito clara e fácil de entender</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Clara, mas com alguns pontos difíceis</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Um pouco confusa</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Muito confusa e difícil de acompanhar</td> <td>0%</td> </tr> </table>	Muito clara e fácil de entender	75%	Clara, mas com alguns pontos difíceis	25%	Um pouco confusa	0%	Muito confusa e difícil de acompanhar	0%
Muito clara e fácil de entender	75%								
Clara, mas com alguns pontos difíceis	25%								
Um pouco confusa	0%								
Muito confusa e difícil de acompanhar	0%								
O curso atendeu às suas expectativas em relação ao aprendizado de robótica aplicada a projetos ambientais?	 <table border="1"> <tr> <td>Superou minhas expectativas</td> <td>62,5%</td> </tr> <tr> <td>Atendeu plenamente</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Atendeu parcialmente</td> <td>12,5%</td> </tr> <tr> <td>Não atendeu</td> <td>0%</td> </tr> </table>	Superou minhas expectativas	62,5%	Atendeu plenamente	25%	Atendeu parcialmente	12,5%	Não atendeu	0%
Superou minhas expectativas	62,5%								
Atendeu plenamente	25%								
Atendeu parcialmente	12,5%								
Não atendeu	0%								
Quão confiante você se sente em aplicar os conhecimentos adquiridos sobre Arduino Uno em sala de aula?	 <table border="1"> <tr> <td>Muito confiante</td> <td>50%</td> </tr> <tr> <td>Confiente</td> <td>37,5%</td> </tr> <tr> <td>Pouco confiante</td> <td>12,5%</td> </tr> <tr> <td>Nada confiante</td> <td>0%</td> </tr> </table>	Muito confiante	50%	Confiente	37,5%	Pouco confiante	12,5%	Nada confiante	0%
Muito confiante	50%								
Confiente	37,5%								
Pouco confiante	12,5%								
Nada confiante	0%								
O curso ofereceu suporte suficiente para o desenvolvimento de habilidades práticas com o Arduino Uno?	 <table border="1"> <tr> <td>Totalmente suficiente</td> <td>62,5%</td> </tr> <tr> <td>Suficiente</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Insuficiente em alguns aspectos</td> <td>12,5%</td> </tr> <tr> <td>Totalmente insuficiente</td> <td>0%</td> </tr> </table>	Totalmente suficiente	62,5%	Suficiente	25%	Insuficiente em alguns aspectos	12,5%	Totalmente insuficiente	0%
Totalmente suficiente	62,5%								
Suficiente	25%								
Insuficiente em alguns aspectos	12,5%								
Totalmente insuficiente	0%								
A interação dos projetos ambientais com a robótica foi abordada de forma satisfatória?	 <table border="1"> <tr> <td>Sim, de forma muito satisfatória</td> <td>75%</td> </tr> <tr> <td>Sim, de forma satisfatória</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Apenas parcialmente satisfatória</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>Não foi satisfatória</td> <td>0%</td> </tr> </table>	Sim, de forma muito satisfatória	75%	Sim, de forma satisfatória	25%	Apenas parcialmente satisfatória	0%	Não foi satisfatória	0%
Sim, de forma muito satisfatória	75%								
Sim, de forma satisfatória	25%								
Apenas parcialmente satisfatória	0%								
Não foi satisfatória	0%								

Como você avalia as oportunidades de interação e colaboração durante o curso?



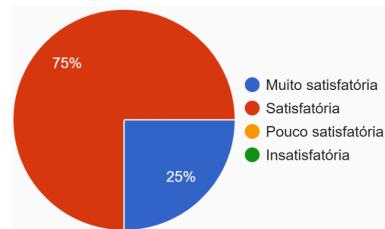
Você considera o material didático do curso adequado e útil para seu aprendizado?



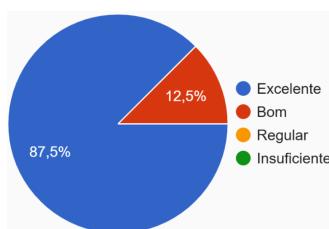
Quais são as suas intenções de aplicar o conhecimento adquirido em seus projetos pedagógicos futuros?



Qual satisfatória foi a carga horária do curso em relação à quantidade de conteúdo abordado?



Como você avalia o suporte oferecido pelo instrutor durante o curso?



Fonte: Elaborada pela Autora.

Ao final, a coordenadora dividiu a turma em duas equipes com número igual de integrantes, ao qual esboçaram planos de ensino e projetos (itinerários formativos), a partir das vivências ao longo do percurso, para serem executados em seus contextos escolares. Ao observar estes planos ficou nítido a proximidade com o Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduíno Uno para Professores” e do livro proposto (próximo item), a corroborar ainda mais que toda a dinâmica proposta foi internalizada com sucesso.

Tabela 5 – Planos de Ensino/Itinerários Formativos do Curso de Formação Profissional “Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores”.

Planos de Ensino/Itinerários Formativos
Ano/Série:
2 respostas
Ensino fundamental 2
Ensino Médio
Período de Execução:
2 respostas
1 semana
2 meses
Tema Geral do Plano de Ensino:
2 respostas
Análise da concentração de CO2 no entorno da Unidade de Ensino
Interdisciplinaridade das ciências e uso do Arduino
Título da Atividade ou Projeto:
2 respostas
Monitorando o nosso ar
Plano de Ensino Interdisciplinar: Medição de Carbono com Arduino, Mudanças Climáticas e ODS
Objetivos
Objetivo Geral:
2 respostas
Verificar e comparar dados de concentração de CO2 nas diferentes áreas da escola e também no bairro avaliando a qualidade do ar e o impacto da saúde
Proporcionar aos estudantes uma compreensão profunda sobre as mudanças climáticas, a importância da medição de carbono no ambiente e como isso se conecta com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), através do uso de tecnologia, especificamente Arduino.

Objetivos Específicos:

2 respostas

Comparar os níveis de concentração de CO₂ em ambiente distintos;
 Analisar os impactos dos problemas respiratório da saúde dos discentes;
 Promover o reflorestamento do entorno da Escola.

Discutir os conceitos de mudanças climáticas, seus impactos no planeta.
 Apresentar os ODS, com foco no ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima).
 Relacionar como as práticas de medição de carbono podem ajudar a mitigar esses impactos.

Justificativa:

2 respostas

Devido ao alto índice de doença respiratória apresentado na comunidade escolar, gerado pelo relevante concentração de CO₂, resolvemos desenvolver um trabalho de conscientização e prática para diminuir a ação do CO₂

Relevância ambiental: A medição dos níveis de CO₂ é crucial para a compreensão do impacto das atividades humanas sobre o clima. Com o aumento das emissões de gases de efeito estufa, especialmente nas áreas urbanas e industriais, a monitoração constante desses níveis pode ajudar a identificar fontes de poluição e direcionar ações corretivas para reduzir a pegada de carbono.

Conexão com os ODS: O projeto está diretamente alinhado com o ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima), que busca reduzir os impactos das mudanças climáticas, promover a conscientização e implementar soluções para mitigar os efeitos adversos do aquecimento global.

Integração de ciência e tecnologia: Utilizar o Arduino como plataforma para medir CO₂ não apenas permite que os alunos aprendam sobre os sensores de gás, mas também aproxima de práticas tecnológicas reais que podem ser aplicadas no mercado de trabalho ou em projetos de pesquisa.

Conscientização ambiental: Ao integrar o conhecimento sobre as mudanças climáticas com a aplicação de uma tecnologia simples, o projeto oferece uma experiência hands-on que conecta a teoria ambiental com a prática cotidiana dos alunos.

Conteúdos Abordados:

2 respostas

Geografia - Impacto ambientais e urbanização
 Ciências - Doenças respiratórias; importância das plantas; poluição do ar.

Matemática: dados estatísticos; porcentagem e construção de gráficos.

Ciências da Natureza (Atmosfera, efeito estufa, camada de ozônio)
 Geografia (Meio Ambiente, mudanças climáticas, qualidade do ar, ODS)
 Educação para a Cidadania (ODS e Ética Ambiental)

Metodologia

Etapas da Atividade:

2 respostas

- 1- Introdução da temática a ser utilizada através de aula expositiva dialogada com utilização de recursos didáticos;
- 2- Montagem do arduino com os alunos para identificação das diferentes concentrações de CO₂;
- 3- Escolha dos matérias que serão utilizados para a pesquisa;
- 4- Analise dos dados coletados e discussão sobre o que foi analisado;
- 5- Apresentação para a comunidade escolar através de trabalhos diversos.

Atividade 1: Introdução ao Arduino e aos Sensores de CO₂

Descrição: Os alunos aprenderão a programação básica do Arduino e como utilizar sensores de CO₂, conectando-os à plataforma.

Técnicas e Materiais:

Placa Arduino Uno ou semelhante.

Sensor de CO₂ (como o MH-Z19 ou CCS811).

Fios, protoboard e outros materiais de eletrônica.

Software Arduino IDE para programação.

Passos:

Explicar o funcionamento básico do Arduino.

Ensinar como conectar o sensor de CO₂ à placa.

Programar o Arduino para ler e registrar os dados de CO₂.

Realizar uma medição em diferentes ambientes (sala de aula, área externa, etc.) e registrar as variações de CO₂.

Atividade 2: Análise e Interpretação dos Dados

Descrição: Após coletar os dados, os alunos analisarão os níveis de CO₂ registrados em diferentes condições ambientais.

Objetivo: Identificar padrões de emissão de carbono em diferentes ambientes e discutir suas implicações no clima local e global.

Atividade Complementar: Criar gráficos para visualização dos dados e realizar uma comparação entre as medições de CO₂ nas diversas áreas.

3. Conexão com os ODS

Tema: Como os ODS e a medição de carbono estão interligados com o comportamento humano e as políticas públicas.

Objetivos Específicos:

Relacionar as medições de carbono com os ODS, especialmente o ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima) e ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis).

Discutir como a tecnologia pode contribuir para a implementação dos ODS.

Refletir sobre como cada indivíduo pode contribuir para a redução de emissões de carbono e combate às mudanças climáticas.

Recursos Didáticos:

2 respostas

- 1- Data show; computadores e tablets;
- 2- Equipamentos de robótica (Arduino; sensor de CO₂, entre outros)

Placa Arduino

Sensor de CO₂

Computadores e Software Arduino IDE

Vídeos/documentários sobre mudanças climáticas

Gráficos e recursos visuais

Avaliação:

Descrever como será realizada a avaliação do processo de aprendizagem.

2 respostas

Participação e apresentação das experiências vividas

Formativa: Acompanhamento contínuo durante o desenvolvimento das atividades práticas com Arduino e participação nas discussões sobre os ODS e a importância das mudanças climáticas.

Somativa: Relatório final sobre os dados coletados e a interpretação dos resultados, apresentação dos aprendizados sobre como a tecnologia pode ajudar a mitigar as mudanças climáticas e produção de um trabalho ou apresentação sobre a relação entre os ODS, a medição de carbono e as ações que podem ser tomadas para mitigar as mudanças climáticas.

Integração com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS):

2 respostas

ODS 13

Este projeto de medição de carbono com Arduino contribui de maneira significativa para o cumprimento do ODS 13 - Ação contra a Mudança Global do Clima, ao envolver os alunos diretamente em atividades que promovem o monitoramento da qualidade do ar, o uso de tecnologias sustentáveis, e o desenvolvimento de soluções práticas para mitigar os impactos das mudanças climáticas, ao integrar o aprendizado técnico com a conscientização sobre a importância da ação climática, o projeto contribui não só para a formação de jovens mais preparados para enfrentar os desafios ambientais, mas também para a implementação de mudanças concretas e colaborativas que podem ter um impacto positivo e duradouro nas comunidades.

Cronograma:

2 respostas

Duas semanas:

Semana 1: Introdução ao tema com diversas disciplinas;

Semana 2: Montagem dos dispositivos;

Semana 4: Coleta de dados e início da análise.

Semana 3: Análise de dados, discussão coletiva e conexão com temas globais.

Semana 4: Apresentação dos projetos e reflexão final.

Resumo do Cronograma:

Semana Atividade

Semana 1 Aula 1: Introdução aos ODS e Mudanças Climáticas

Semana 2 Aula 2: A Medição de Carbono - Fundamentos e Importância

Semana 3 Aula 3: Introdução ao Arduino e Sensores de Gás

Semana 4 Aula 4: Programação do Arduino para Medição de CO₂

Semana 5 Aula 5: Análise dos Dados e Interpretação dos Resultados

Semana 6 Aula 6: Conectando Tecnologia e Sustentabilidade - O Papel dos ODS

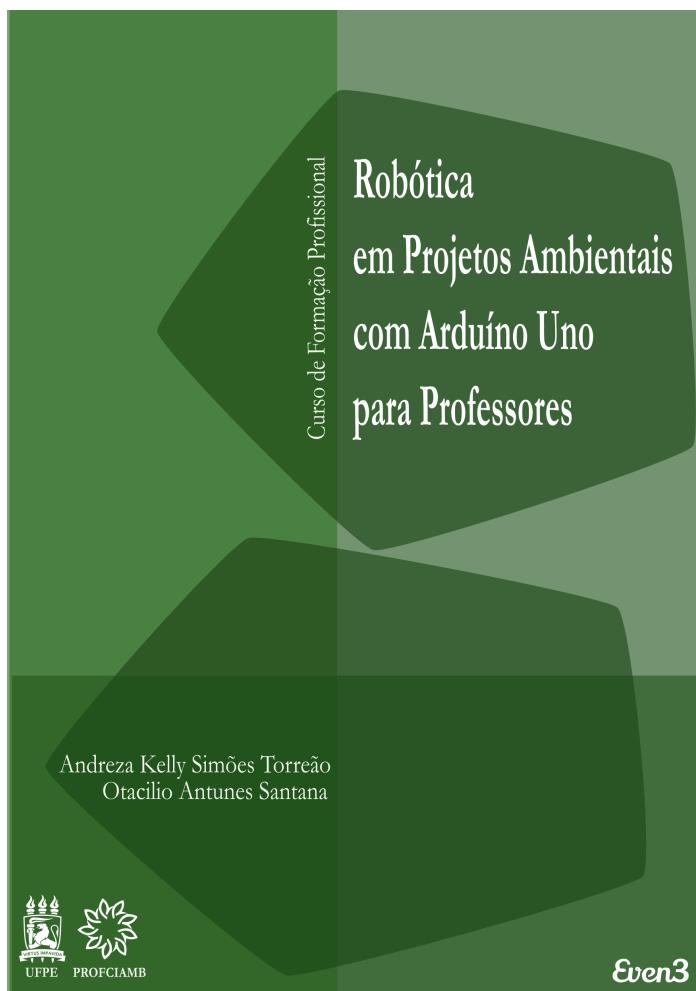
Semana 7 Aula 7: Planejamento e Desenvolvimento do Projeto Final

Semana 8 Aula 8: Apresentação dos Projetos e Discussão Final

3.3 PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO: E-BOOK

O livro passou por processo de revisão e correções e já foi oficialmente publicado em 31 de março de 2025 pela Editora Even3, consolidando-se como material de apoio para a formação de professores. A obra *Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores*, de autoria de Torreão e Santana, apresenta conteúdos voltados ao uso pedagógico da robótica e encontra-se disponível para acesso público no portal da editora. Assim, a versão atualizada já pode ser consultada, conforme a referência: TORREÃO, A. K. S.; SANTANA, O. A. Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores. Recife: Centro Universitário Maurício de Nassau de Juazeiro do Norte, 2025. DOI: 10.29327/5518809. O livro está disponível em: <https://publicacoes.even3.com.br/book/robotica-em-projetos-ambientais-com-arduino-uno-para-professores-5188095>

Figura 4 – Capa do E-Book sistematizado.



Fonte: Elaborada pela Autora.

O e-book *Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores* apresenta uma proposta formativa alinhada às orientações da BNCC e da BNCC Computação, especialmente ao eixo do Pensamento Computacional, ao estimular a programação, a investigação e a criação de soluções tecnológicas. A obra utiliza recursos interativos, como QR codes com vídeos e tutoriais, para apoiar a aprendizagem prática sobre o Arduino Uno e suas aplicações na robótica educacional. Ao integrar o sensor ENS160 para monitoramento da qualidade do ar, o material dialoga diretamente com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, em especial o ODS 13, fortalecendo o compromisso com a sustentabilidade. Com uma metodologia ativa que promove a articulação entre teoria e prática, o e-book contribui para a formação docente e incentiva o desenvolvimento de projetos ambientais nas escolas. Além disso, oferece um questionário online para avaliação contínua, reforçando seu objetivo de unir tecnologia, meio ambiente e educação na formação de estudantes críticos, criativos e socialmente conscientes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Todos os objetivos propostos para este Trabalho de Conclusão Profissional foram alcançados com êxito. O Curso de Formação Profissional voltado a professores da educação básica, destinado a ensiná-los a aplicar no contexto escolar a coleta e a análise de dados ambientais, neste caso, a concentração de CO₂ por meio do uso do Arduino e de um sensor acoplado, foi plenamente concebido e executado sob o título *“Robótica em Projetos Ambientais com Arduino Uno para Professores”*. A proposta dialoga diretamente com as orientações da BNCC e da BNCC Computação, ao promover o desenvolvimento do pensamento computacional, estimular a resolução de problemas e incentivar a integração de tecnologias digitais no cotidiano escolar, alcançando docentes de diversas áreas do conhecimento.

Além disso, o curso responde às demandas globais expressas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente no que se refere à ação climática e ao uso consciente de tecnologias para compreender e intervir em questões ambientais. Os professores mobilizaram-se intensamente ao longo da formação e produziram um conjunto significativo de feedbacks e avaliações, que serão incorporados às próximas edições do curso, contribuindo para seu aprimoramento contínuo. A sistematização da formação em formato de livro torna-se, portanto, uma ferramenta importante para apoiar escolas e educadores na introdução de práticas de robótica, programação e sustentabilidade no currículo.

A satisfação e a aprovação dos cursistas evidenciam que o design instrucional foi capaz de deslocar professores da tecnofobia e da tecnocracia para uma postura ativa, investigativa e confiante no uso pedagógico da tecnologia. Por fim, recomenda-se ampliar as possibilidades de exploração com o Arduino, incorporando sensores que permitam coletar outras variáveis ambientais, de modo a gerar novos materiais e livros que continuem apoiando a inovação pedagógica e fortalecendo a inserção da cultura digital nas escolas.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **Arduino.cc**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

AZEVEDO, S.; AGLAÉ, A.; PITTA, R. **Minicurso: Introdução a robótica educacional**. 62ª Reunião Anual da SBPC. (2010) Disponível em: <http://www.sbpccnet.org.br/livro/62ra/minicursos/mc%20samuel%20azevedo.pdf> . Acesso em: 19 fev. 2025.

BRASIL. **Empreendedor**. Portal Gov.br. Disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/empreendedor>. Acesso em: 28 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: [BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf \(mec.gov.br\)](BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf (mec.gov.br)). Acesso em: 20 ago. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Provas e gabaritos. Disponível em: https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/en_em/provas-e-gabaritos. Acesso em: 20 ago. 2024.

CAMPOS, F. R. **Robótica educacional no Brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras**. Revista ibero-americana de estudos em educação, v. 12, n. 4, p. 2108-2121, 2017. Doi: 10.21723/riaee.v12.n4.out./dez.2017.8778

E-DOCENTE. **Livros didáticos do Ensino Fundamental – Anos Finais**: Editoras Ática, Saraiva e Scipione. Disponível em: [Arquivos Anos Finais do Ensino Fundamental | PNLD e E-docente | Editoras Ática, Saraiva e Scipione \(edocente.com.br\)](Arquivos Anos Finais do Ensino Fundamental | PNLD e E-docente | Editoras Ática, Saraiva e Scipione (edocente.com.br)). Acesso em: 20 ago. 2024.

FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR BRASILEIRAS (FORPROEX). **Política Nacional de Extensão Universitária**. Manaus, AM: FORPROEX, 2012. Disponível em: <https://proex.ufsc.br/files/2016/04/Pol%C3%A9tica-Nacional-de-Extens%C3%A3o-Universit%C3%A1ria-e-book.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

LIMA JÚNIOR, J. G. DOS S., GOMES, L. M., DE NOVAIS, E. R. P., & FERREIRA, F. C. L. **Atividades experimentais com arduino abordando fundamentos da cinemática, termometria e eletrodinâmica na escola estadual de ensino médio**. Dr. Gabriel Sales Pimenta em Marabá (PA). Scientia Plena, v. 15, n. 7, e074811, 2019. Doi: 10.14808/sci.plena.2019.074811

NASCIMENTO, M. R. S. **Arborização nos Três Campi da UFPE e o Impacto na Concentração do CO₂ em Sala de Aula**. 2024. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas / Ciências Ambientais) - Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20 ago. 2024.

OPENAI. **ChatGPT**. Disponível em: <https://openai.com/chatgpt/>. Acesso em: 20 ago. 2024.

OTTONI, A. L. C.. **Material de estudo: Introdução à Robótica**. (2010) Disponível em:
https://www.ufsj.edu.br/repositorio/File/orcv/materialdeestudo_introducaoarobotica.pdf Acesso em: 02 set. 2024.

RIBEIRO, Leila et al. **Proposta para implantação do ensino de computação na educação básica no brasil**. In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE). SBC, 2022. p. 278-288. Disponível em:
<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22415/22239> . Acesso em: 02 out. 2025.

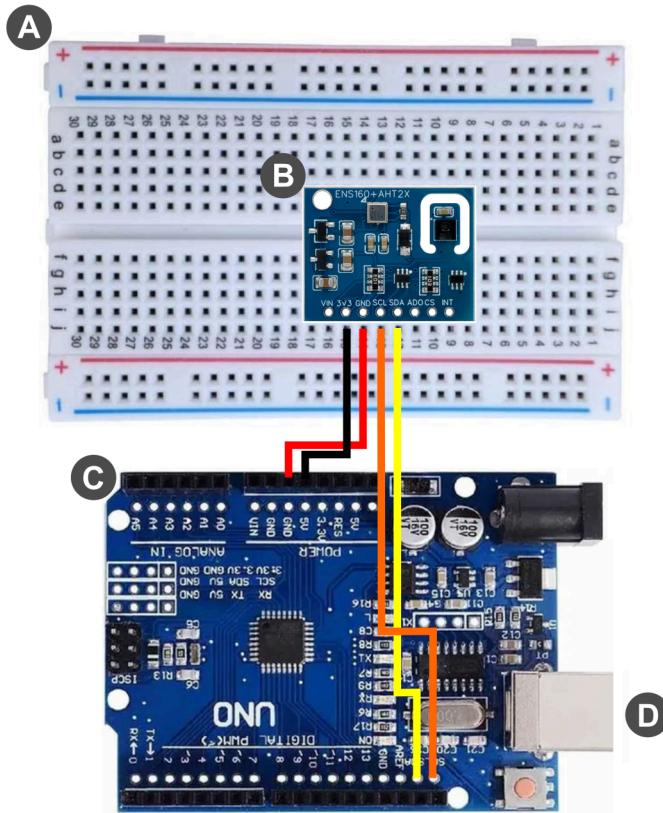
SANTOS, A. C. G., DO NASCIMENTO, I.M., OLIVEIRA, W. **Da bncc à bncc computação: Histórico, afinidades e desafios na implementação de um currículo único**. In: Simpósio Brasileiro de Educação em Computação (EDUCOMP). SBC, 2023. p. 52-53. Disponível em:
https://sol.sbc.org.br/index.php/educomp_estendido/article/view/24156. Acesso em: 10 dez. 2025.

WARREN, J. D. **Arduino para robótica**. São Paulo: Blucher. 2019. ISBN 9788521211532.

ZILLI, S. DO R. **A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Anexos

A.1 Layout da Montagem do Hardware e Sensor



A BreadBoard

B Sensor ENS160

C Placa Arduino Uno

D Entrada Cabo UsB
(Comunicação Placa-Computador)

Fios Condutores

(Macho-Macho)

- GND
- 5V
- SDA
- SCL

A.2 Programação a ser inserida no software Arduino IDE para a coleta da concentração de CO₂ utilizando o sensor ENS160.

```
/*
 * @file  getMeasureData.ino
 * @brief Get the sensor data by polling (use 3.3V
main controller for Fermion version)
 * @details Configure the sensor power mode and
parameters (for compensating the calibrated
temperature and relative humidity in gas
measurement)
 * @copyright Copyright (c) 2010 DFRobot Co.Ltd
(http://www.dfrobot.com)
 * @license The MIT License (MIT)
 * @author [qsjhyy] (yihuan.huang@dfrobot.com)
 * @version V1.0
 * @date 2021-10-26
 * @url https://github.com/DFRobot/DFRobot\_ENS160
*/
#include <DFRobot_ENS160.h>

#define I2C_COMMUNICATION
#ifdef I2C_COMMUNICATION

DFRobot_ENS160_I2C ENS160(&Wire, /*I2CAddr*/
0x53);
#else

uint8_t csPin = D3;
DFRobot_ENS160_SPI ENS160(&SPI, csPin);
#endif

void setup(void)
{
  Serial.begin(115200);

  while( NO_ERR != ENS160.begin() ){
    Serial.println("Falha na comunicação com o
dispositivo, verifique a conexão");
    delay(3000);
  }
  Serial.println("Começar ok");
}
```

```

ENS160.setPWRMode(ENS160_STANDARD_MODE);

ENS160.setTempAndHum(/*temperatura=*/25.0,
/*humidade=*/50.0);

}

void loop()
{
    /**
     * Obter o estado de funcionamento do sensor
     * Valor de retorno: 0-Operação normal,
     * 1-Fase de aquecimento, primeiros 3 minutos
     * após a alimentação.
     * 2-Fase inicial de arranque, primeira hora
     * completa de funcionamento após a ligação inicial.
     * Apenas uma vez na vida útil do sensor.
     * nota: Observe que o status só será armazenado
     * na memória não volátil após 24h iniciais de
     * contínuo
     * operação. Se não estiver ligado antes da
     * conclusão do referido período, o ENS160 retomará o
     * modo "Arranque Inicial"
     * após a realimentação.
    */
    uint8_t Status = ENS160.getENS160Status();
    Serial.print("Estado de funcionamento do sensor :
");
    Serial.println(Status);

    /**
     * Obter o índice de qualidade do ar
     * Valor de retorno: 1-Excelente, 2-Bom,
     * 3-Moderado, 4-Ruim, 5-Insalubre
    */
    uint8_t AQI = ENS160.getAQI();
    Serial.print("Índice de qualidade do ar : ");
    Serial.println(AQI);

    /**
     * Obter concentração TVOC
     * Faixa de valor de retorno: 0-65000, unidade:
     * ppb
    */
}

```

```
/*
uint16_t TVOC = ENS160.getTVOC();
Serial.print("Concentração de compostos orgânicos
voláteis totais : ");
Serial.print(TVOC);
Serial.println("ppb");

/**
 * Obter concentração equivalente de CO2
calculada de acordo com os dados detetados de COVs
e hidrogênio (eCO2 - CO2 equivalente)
 * Faixa de valor de retorno: 400-65000, unidade:
ppm
 * Cinco níveis: Excelente (400 - 600), Bom (600
- 800), Moderado (800 - 1000),
 * Pobre (1000 - 1500), insalubre (> 1500)
*/
uint16_t ECO2 = ENS160.getECO2();
Serial.print("Concentração equivalente de dióxido
de carbono : ");
Serial.print(ECO2);
Serial.println(" ppm");

Serial.println();
delay(5000);
}
```

A.3 Faixa de concentração de CO_2 e impactos à saúde segundo parâmetros da OMS.

Cor de Referência	Valor de Referência (ppm)	Interpretação [Ambientes Internos]	Impacto à Saúde Humana
	250 – 700	Boa	
	700 – 1000	Moderada	Aumento da Taxa de Respiração / Cansaço / Tosse Seca
	1.000 – 2.500	Ruim	Aumento da Pressão Sanguínea / Cefaleia / Náusea / Vômito
	2.500 – 5.000	Muito Ruim	Rápida Inconsciência
	> 5.000	Péssima	Rápida Inconsciência / Morte Instantânea

Fonte: Nascimento (2024) apud WHO (2021)