



**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI-
UFVJM**

DIRETORIA DE EDUCAÇÃO ABERTA E A DISTÂNCIA-DEAD

DEIVID VINICIUS BARBOSA DOS SANTOS

**AUTOMAÇÃO COM ARDUINO UNO R3 NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE
ALFACE (*Lactuca sativa* L.): UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA A
DISCIPLINA DE FÍSICA**

Teófilo Otoni - MG

Maio de 2024

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI-
UFVJM**

**AUTOMAÇÃO COM ARDUINO UNO R3 NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE
ALFACE (*Lactuca sativa* L.): UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA A
DISCIPLINA DE FÍSICA**

DEIVID VINICIUS BARBOSA DOS SANTOS

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal dos
Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como
parte das exigências do Programa de
Graduação de Licenciatura em Física.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Crislane de Souza
Santos

Teófilo Otoni - MG

Maio de 2024

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito.
Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,
não sou o que era antes”.
Marthin Luther King

A minha família, principalmente à minha família e a todos da EEEFM Ecoporanga.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade e pela superação de todas as dificuldades e obstáculos enfrentados.

Aos meus familiares pelo apoio em todos os momentos, principalmente à minha esposa, meu alicerce.

Aos parceiros, amigos e colaboradores, Ivani Vieira Damaceno, Vinícius, Lafaiete, David, Jardel, Adilelson, Graziela, Fernanda, Renan, Márcia, Joana, Marly, pelos ensinamentos, companheirismo, disponibilidade e amizade.

Aos tutores Nascilane O. Costa Pedrosa e Ricardo Nogueira pelas valiosas sugestões prestadas na realização deste trabalho.

A professora Crislane de Souza Santos e pelas orientações, mas principalmente, pela oportunidade, confiança, incentivo e pelos ensinamentos.

A diretora e equipe da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Ecoporanga, por permitir a realização desse projeto em sua instituição.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri onde pude cursar a Licenciatura em Física.

Meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

As aulas de Física sempre apresentaram desafios, incluindo falta de motivação dos estudantes, carga horária limitada, poucas aulas práticas, escassez de professores qualificados, foco excessivo na memorização de fórmulas, falta de aplicação prática, falta de interdisciplinaridade e desafios no uso das tecnologias. Para melhorar o Ensino de Física, é essencial tornar as aulas mais motivadoras, práticas e contextualizadas, enfatizando a compreensão profunda dos conceitos, sua relevância na vida cotidiana e interações com outras disciplinas. A disciplina deve ser vista como uma oportunidade de promover habilidades científicas e tecnológicas, incluindo modelagem, argumentação baseada em evidências, validação e comunicação de resultados. Essa abordagem deve ser enriquecida com o uso extensivo de tecnologias de informação e comunicação, como simulações e modelagens computacionais, além de laboratórios digitais e físicos. Dessa forma, a Física pode ser ensinada de maneira mais contextualizada, aplicando-a a situações do mundo real e preparando os estudantes para o exercício da cidadania. Diante desse contexto, o presente trabalho visou propor uma prática pedagógica com estudantes do Ensino Médio da EEEFM Ecoporanga, por meio da realização de um experimento multidisciplinar, o qual constitui na implantação do cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa* L.) utilizando um sistema de monitoramento por microcontrolador Arduíno Uno R3, a fim de coletar dados como temperatura, umidade do ar, vazão da água, condutividade elétrica da água e pH. Para tal, foi incorporado um sistema de controle automatizado utilizando Arduíno Uno R3, que regulou a temperatura, pH e a umidade do sistema de cultivo, visando proporcionar aos estudantes uma experiência única de aprendizado que uniu a ciência, a tecnologia e a sustentabilidade, além de melhorar os resultados das avaliações externas para as disciplinas da área de Ciência da Natureza.

Palavras-chave: Arduíno, Cultivo Hidropônico, Ensino de Física, Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

Physics classes have always presented challenges, including student motivation issues, limited class hours, few practical lessons, a shortage of qualified teachers, an excessive focus on memorizing formulas, lack of practical application, absence of interdisciplinarity, and challenges in using technology. To improve the teaching of Physics, it is essential to make classes more motivating, practical, and contextualized, emphasizing a deep understanding of concepts, their relevance in everyday life, and interactions with other disciplines. The subject should be seen as an opportunity to promote scientific and technological skills, including modeling, evidence-based argumentation, validation, and communication of results. This approach should be enriched with extensive use of information and communication technologies, such as simulations and computational modeling, as well as digital and physical laboratories. Thus, Physics can be taught in a more contextualized manner, applying it to real-world situations and preparing students for active citizenship. In this context, the present work aimed to propose a pedagogical practice with high school students from EEEFM Ecoporanga through the implementation of a multidisciplinary experiment, which involved the establishment of hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation using an Arduino Uno R3 microcontroller monitoring system to collect data such as temperature, humidity, water flow, electrical conductivity of water, and pH. To achieve this, an automated control system using Arduino Uno R3 was incorporated, regulating the temperature, pH, and humidity of the cultivation system, aiming to provide students with a unique learning experience that combined science, technology, and sustainability, as well as improving the results of external assessments in the areas of Natural Science.

Keywords: Arduino, Hydroponic Cultivation, Physics Teaching, Interdisciplinarity.

FIGURAS

Figura 1 - Componentes do sistema de Hardware.....	20
Figura 2 - Diagrama de instalação do sistema de automação com Arduino Uno R3	23
Figura 3 – Algumas etapas da construção do cultivo de olerícolas utilizando o sistema hidropônico com estudantes do Ensino Fundamental e Médio	27
Figura 4 - Área utilizada para construção do Sistema Hidropônico, localizada próximo a horta da escola.....	29
Figura 5 - Croquis realizados pelos (as) estudantes expressando ideias para a construção do Sistema Hidropônico	30
Figura 6 - Limpeza da área feita pelo os (as) estudantes e construção da parte suspensa pela empresa terceirizada	32
Figura 7 - Construção do sistema hidropônico utilizando PVC	34
Figura 8 – Plantio das sementes de alface e coentro na espuma fenólica, imersas em solução nutritiva.....	37
Figura 9 - Plantio feito pelos (as) estudantes, plantio orientado, recipientes utilizados, sementes germinadas e destinadas ao berçário	38

TABELAS

TABELA 1: Relação dos nutrientes da solução A.	22
TABELA 2: Relação dos nutrientes da solução B.	22
TABELA 3 : Etapas do projeto e construção do sistema hidropônico com utilização de Arduino Uno R3:	
Tabela 4 : Etapas do projeto e construção do sistema hidropônico com utilização de Arduino Uno R3.....	25
TABELA 5: Composição do Flex vermelho: micros quelatizados EDTA, além de nitrato de potássio, MKP, MAP Cristal, entre outros.	37
TABELA 6 : Composição do Flex azul: Composição: nitrato de cálcio, nitrato de magnésio, produto de fabricação própria sob nº de registro de produto no mapa: pr 000637-8.000018, e agente corante	37
Tabela 07 : Resultados obtidos em porcentagem na primeira e segunda edição da avaliação diagnóstica aplicada pela Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo (SEDU).....	39

LISTA DE SIGLAS

EDTA- Ácido Etilenodiamino Tetracético (EthyleneDiamineTetraacetic Acid)

EEEFM- Escola Estadual de ensino Fundamental e Médio

MKP- Mitogen Kinase Phosphatase (Fosfatase da Proteína Quinase Mitógeno)

MAP- Mitogen-Activated Protein (Proteínas Quinases Ativadas por Mitógenos)

SEDU- Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo

NFT- *Nutrient Film Technique* (Fluxo Laminar de Nutrientes)

DFT- *Deep Film Technique*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 JUSTIFICATIVA.....	12
3 OBJETIVO GERAL	13
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
5 METODOLOGIA.....	19
7 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	23
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
9 REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

As aulas de Física sempre apresentaram desafios, incluindo a falta de concentração e a desmotivação para aprender dos discentes em julgar a Física desinteressante ou irrelevante para suas vidas, tornando obstáculos significativos para os professores para envolver os discentes em projetos que despertem seu interesse e curiosidade, mesmo com a variedade de métodos disponíveis atualmente (Júnior *et al.*, 2022).

A interação entre professor, aluno e as diferentes áreas do conhecimento pode ser aprimorada, com a uma atualização constante do conhecimento e dos hábitos de se construir o próprio conhecimento (Ferreira *et al.*, 2022). Uma das ferramentas neste sentido são os espaços educativos sustentáveis. Esses espaços têm como objetivo educar os alunos sobre questões relacionadas à sustentabilidade, ao mesmo tempo em que relacionam estas práticas sustentáveis à vida cotidiana.

De acordo com Lopes e colaboradores (2023) diversas atividades podem ser realizadas envolvendo espaços educativos sustentáveis dentro da própria escola, oportunizando o protagonismo estudantil, promovendo interdisciplinaridade, além de metodologias ativas que garantem a maior aproximação entre teoria e prática. Essas atividades práticas no contexto escolar não apenas enriquecem o aprendizado com experiências tangíveis, mas também capacitam os alunos a aplicar o conhecimento de forma significativa, preparando-os para os desafios do mundo real. Nessa premissa, Santos (2014), afirma que “a implantação de hortas no ambiente escolar é considerada um instrumento dinamizador capaz de inserir os sujeitos diretamente em um ambiente diverso e sustentável”. E ainda ressalta que, “a horta escolar permite principalmente o resgate dos valores éticos, sociais, culturais e ambientais. Além disso, possibilita práticas sustentáveis que podem ser desenvolvidas dentro desse “laboratório vivo”.

Para implantação de uma horta escolar, utiliza-se vários meios de cultivo, conforme as necessidades específicas da horta e da preferência da escola, como solo de jardim, canteiros elevados, cultivo em vasos, ou sistemas mais aprimorados como o de fertirrigação, aquaponia e hidroponia.

Segundo Ferreira *et al.* (2021), a hidroponia é uma técnica de cultivo de plantas sem solo, na qual se desenvolvem a partir de uma solução nutritiva que contém água

e todos os nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta. Este sistema de cultivo vem crescendo, substancialmente no Brasil e se apresenta como uma alternativa inovadora e eficiente para a agricultura, com diversas características e vantagens como crescimento rápido, economia de água, espaço reduzido e crescimento sustentável, proporcionando maior rendimento e qualidade da produção, bem como a redução da ocorrência de doenças (Santos *et al.*, 2002). Essa técnica favorece consideravelmente o cultivo de hortaliças. Dentre as quais, destacamos a alface.

De acordo com Domingues *et al.* (2012), a alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das hortaliças folhosas mais consumidas, sendo amplamente cultivada em sistemas hidropônicos. Entretanto, para que esse sistema funcione, a manutenção da composição e condutividade elétrica da solução nutritiva é muito importante, sendo necessário o máximo de controle sobre o cultivo, para atingir qualidade e produtividade elevadas (Carlet, 2020).

Com a expansão das técnicas hidropônicas no Brasil e no mundo, e a crescente evolução das tecnologias, algumas empresas e instituições de ensino vem desenvolvendo parcerias de pesquisas com o objetivo de encontrar soluções de ponta para seguimento, a fim de oferecer sistemas e sensores capazes de monitorar, controlar e automatizar o cultivo dessas plantas (Domingos, 2019). A eficiência produtiva desses vegetais, oriundos desse método de cultivo, ainda pode ser potencializada quando se faz uso de microcontroladores; conforme relatos encontrados nos estudos de Carlet (2020), Palande *et al.* (2018), Darder *et al.* (2018), Eridani *et al.* (2017), Kyaw e Ng (2017), Yildirim, *et al.* (2016).

Diante desse contexto, o presente trabalho visou propor uma prática pedagógica diferenciada e interdisciplinar para tornar as aulas da disciplina de Física mais atrativas e dinâmicas além de instigar as possíveis contribuições da mesma ao processo ensino-aprendizagem, consequentemente ao conhecimento adquirido pelos (as) estudantes do Ensino Médio da EEEFM Ecoporanga. A referida prática pedagógica proposta deu-se por meio da implantação do cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa* L.) utilizando um sistema de monitoramento por microcontrolador Arduíno Uno R3, a fim de coletar dados como temperatura, umidade do ar, condutividade elétrica da água e pH.

2 JUSTIFICATIVA

O ensino dos conteúdos de Física na escola sempre enfrentou desafios significativos. No entanto, atualmente, de acordo com Moreira (2018), os motivos para esses desafios são paradoxalmente agravados, levando a uma crise no ensino da disciplina. A carga horária semanal, que um dia chegou a ser de 6 horas-aula por semana, agora frequentemente é de apenas 2 horas ou menos, a depender da série do ensino médio. Aulas de laboratório são raras, e demanda professores graduados em Física, porém infelizmente a falta desses profissionais vem sendo um problema significativo em muitas escolas. O contexto supracitado acaba forçando aos professores que ministram a disciplina Física a priorizar a preparação dos alunos para exames e respostas corretas em detrimento do ensino efetivo da Física.

De acordo com Gonçalves (2022), ensinar física tem se tornado um grande obstáculo para a aprendizagem dos alunos que se sentem desmotivados em compreender os fenômenos da natureza, sendo comum uma abordagem com foco na memorização de fórmulas e definições. Essa desmotivação é devido ao modo como o ensino é realizado. Em sua maioria ocorre através de formas diretas de transmissão de conteúdo. Apesar deste modo de ensino ser considerado por muitos pesquisadores como ultrapassado, o que vemos na prática, é que ele é predominante quando comparado com as novas formas de ensino as quais envolvem tecnologias modernas e avançadas (Júnior *et al.*, 2022).

Considerando todo contexto descrito acima, o autor deste trabalho optou por desenvolver uma prática pedagógica nas aulas de Física, utilizando o cultivo hidropônico da alface com microcontroladores Arduino Uno R3 para abordagem de temas do conteúdo programático da disciplina de Física, associando a teoria com a prática, ou seja, fazendo uso de metodologias ativas, baseada na investigação, no pensamento científico e no protagonismo do (a) estudante. A escolha por metodologias ativas é justificada por várias razões, dentre quais destacamos: a compreensão mais profunda do conteúdo abordado, ou seja, a aplicação prática da teoria ajuda aos estudantes a compreender conceitos de maneira mais profunda e significativa contornando o aspecto abstrato que tanto é atribuído a Física. Os

estudantes veem como o conhecimento teórico se traduz na prática, que fortalece sua compreensão. O aprendizado significativo, que envolve a integração da teoria com a prática, permite aos estudantes atribuir significado real ao que estão aprendendo. Não podemos deixar de mencionar que também ocorre o desenvolvimento de habilidades, pois a metodologia ativa promove o desenvolvimento de habilidades práticas, como resolução de problemas, pensamento crítico, tomada de decisões e trabalho em equipe, que são essenciais na vida cotidiana e na carreira. Além da motivação, preparação para a vida real e fomentar a curiosidade que as atividades práticas e a investigação promovem, tornando o aprendizado mais envolvente e motivador para os alunos. Os estudantes que associam a teoria à prática estão melhor preparados para enfrentar desafios do mundo real. Eles ganham experiência prática que pode ser valiosa em suas futuras carreiras.

Em resumo, associar a teoria com a prática por meio de metodologias ativas coloca o estudante no centro do processo de aprendizado, capacitando-o a se tornar um aprendiz mais eficaz, criativo e autônomo, e preparando-o para enfrentar os desafios da vida e do mercado de trabalho de maneira mais eficaz. De acordo com Moreira (2018), é essencial compreender que a Física vai muito além de simples fórmulas e respostas corretas. Em vez disso, a disciplina deve ser vista como uma oportunidade de promover habilidades científicas e tecnológicas, incluindo modelagem, argumentação baseada em evidências, validação e comunicação de resultados. Essa abordagem deve ser enriquecida com o uso extensivo de tecnologias de informação e comunicação, como simulações e modelagens computacionais, além de laboratórios digitais. Dessa forma, a Física pode ser ensinada de maneira mais contextualizada, aplicando-a a situações do mundo real e preparando os estudantes para o exercício da cidadania.

3 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma prática pedagógica por meio da implantação do cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa* L.) utilizando um sistema de monitoramento por microcontrolador Arduino Uno R3 com estudantes do Ensino Médio.

3.1 Objetivos Específicos

- Associar as aulas teóricas da disciplina de Física como método científico, introdução à física, eficiência de diferentes tipos de motores, eletrostática, de maneira interdisciplinar por meio do cultivo hidropônico da alface, utilizando microcontroladores;
- Utilizar sensores de aceleração e giroscópios conectados ao Arduino para medir a aceleração, velocidade e posição de um objeto em movimento.
- Automatização do controle de temperatura, umidade, pH e condutividade elétrica da solução hidropônica utilizada no cultivo de alface, com o auxílio de microcontrolador Arduino R3;
- Programação do Arduino para coletar e armazenar os dados de temperatura da solução nutritiva e sua condutividade elétrica;
- Analisar os dados coletados para entender melhor as leis do movimento e da cinemática.
- Possibilitar que o Arduino mantenha os níveis ideais de condutividade elétrica para a cultura, através da leitura de dados coletados pelos sensores instalados na solução nutritiva;
- Monitorar a temperatura da solução nutritiva, em dois diferentes tratamentos, a fim de analisar se os resultados se equiparam na produção de alface hidropônica;
- Analisar o desempenho dos estudantes antes e depois da execução do projetos nas através de questionários teóricos e juntamente com avaliação diagnóstica aplicada pela Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir, serão apresentados os alicerces teóricos que foram utilizados nesse trabalho. Serão trazidos autores que corroboram com o uso de metodologias ativas como abordagem efetiva para o Ensino de Física.

4.1 Metodologia Ativa

De acordo com Borges e Alencar (2014), as metodologias ativas são entendidas como formas de auxiliar o desenvolvimento do processo de ensino aprendizagem e de construir para uma formação crítica junto aos futuros profissionais nas mais diversas áreas. O emprego das metodologias ativas é capaz de transformar o aprendizado em uma ferramenta multiplicadora de mudanças (Roman *et al.*, 2017). Sua utilização pode favorecer a autonomia do educando, despertar a curiosidade e estimular tomadas de decisões individuais e coletivas, aproximando o contexto do estudante com as práticas sociais (Borges e Alencar, 2014).

Segundo Brusdzensk *et.al.* (2022) quando o professor opta por utilizar metodologias ativas de aprendizagem em suas aulas, ele coloca o foco do processo de ensino e de aprendizagem no aprendiz, fazendo-o participar da descoberta, investigação e/ou resolução de problemas. Tais modelos se contrapõem ao ensino tradicional ao qual o foco é a transmissão de informação e conteúdos pelo professor. Ele também enfatiza que, a proposta de um ensino menos focado no professor não é nova. John Dewey já concebia e colocava em prática um modelo de educação baseado num processo ativo, em que o estudante exerceria sua liberdade pela busca do conhecimento; sua proposta baseava-se no aprender-fazendo, ou seja, a aprendizagem perpassava pela ação (Bacich; Morán, 2018), tornando-a mais significativa.

Atualmente há uma grande quantidade de informações e facilidades que as tecnologias oferecem na implementação das metodologias ativas de aprendizagem, sendo uma aliada no processo ensino e aprendizagem, tornando as aulas mais dinâmicas, atrativas e inovadoras. Freire (1996) afirma que o que impulsiona o

educando no ensino é justamente a superação de desafios, a resolução de problemas e a oportunidade de construir novos conhecimentos.

Dessa forma, aprender de forma significativa requer que a aprendizagem mecânica seja posta de lado em virtude de modelos ativos de aprendizagem. Em Física, decorar fórmulas e conceitos de forma não-contextualizada, traz consigo um modelo de aprendizagem mecânica que não se relaciona com conhecimentos prévios e, por não estabelecerem relações de significado com eles, também não ficam registrados na estrutura cognitiva do (a) estudante (Brusdzensk *et.al.*, 2022).

4.2 Hidroponia

O termo hidroponia deriva dos radicais gregos *Hydro* (água) e *ponos* (trabalho), é uma técnica de cultivo sem solo que foi popularizada na década de 30, porém seu uso para fins comerciais só aconteceu após 1980 (Carrijo; Makishima, 2000).

De acordo com Douglas (2001), os estudos que tornaram possível o desenvolvimento da cultura sem o uso de terra em laboratório foi conduzido por Julios e Von Sachs na Universidade de Würzburg entre os anos de 1859 e 1865. Estes pesquisadores descobriram que em condições controladas de adubos e água era possível criar plantas, porém, apenas em 1930, Doutor W. F. Gericke, popularizou a técnica para ser usada fora dos laboratórios.

Santos *et.al.* (2002) afirma que a hidroponia é uma técnica de cultivo que visa obter produtos com excelente qualidade, sabor e aspectos externos superiores aos obtidos com agricultura tradicional, oferecendo menor risco de contaminações de doenças endêmicas, sendo adequada às exigências de alta qualidade e produtividade com mínimo desperdício de água e nutrientes.

Carrijo e Makishima (2000) salientam que atualmente se destacam quatro diferentes técnicas hidropônicas, a saber: (I) sistema de Fluxo Laminar de Nutrientes, em inglês chamado de *Nutrient Film Technique*, cuja sigla mais popular é NFT: trata-se de um método no qual a solução nutritiva circula através do sistema, entrando em

contato com as raízes das plantas durante um determinado período, (II) sistema de Cultivo Imerso em Água, em inglês *Deep Film Technique* (DFT): trata-se de um método em que a solução nutritiva está armazenada em um reservatório com profundidade de 15 cm a 20 cm em forma de piscina, em que as raízes das plantas ficam submersas, (III) sistema com substratos, cuja solução nutritiva circula no sistema como na técnica de NFT, com a adição de substratos ao sistema, como areia e serragem e (IV) Aeroponia, que consiste em ter a solução nutritiva aspergida nas raízes suspensas no ar. Sendo assim, a hidroponia tem muitas vantagens, pois já que independe de condições climáticas, pode ser utilizada em diferentes locais, como áridos ou degradados, permitindo maior economia de água e nutrientes, com alta qualidade e produtividade.

Carlet (2022) ressalta que as ameaças à segurança alimentar assombram o futuro da humanidade e aumentam a necessidade de técnicas mais eficientes para a produção de alimentos, para uma população que está em constante expansão. Nesse contexto, o cultivo hidropônico se mostra como um processo interessante, pois é muito eficiente e vem sendo alvo de inúmeras inovações tais como a melhor gestão da solução nutritiva, a biofortificação e a aplicação de bioestimulantes vegetais, a automatização dos controles por meio de sensores, o cultivo vertical e a tecnologia de iluminação LED.

4.3 Automação para sistemas hidropônicos.

Palande *et.al.* (2018) salienta que muitos dos sistemas automatizados de hidroponia disponíveis no mercado são caros e não controlam todos os parâmetros necessários para um crescimento saudável das plantas. Em seus estudos, Palande e colaboradores (2018), usaram um sistema automatizado com microcontroladores, de baixo custo e de fácil acesso para usuários domésticos quando comparado a outros sistemas.

O microcontrolador é um circuito integrado que têm as partes básicas de um microcomputador, portas de entrada e saída, memória e microprocessador, em geral o microcontrolador ATmega328P no Arduino Uno R3 é o coração da placa,

proporcionando a capacidade de controlar e interagir com o mundo físico. Ele torna a placa Arduino uma ferramenta poderosa e versátil para uma ampla acessibilidade e gama de aplicações em educação, prototipagem e projetos.

São limitados por memória de dados e são amplamente utilizados quando tem-se o objetivo de realizar aplicações na física como medição de temperatura, medição de pressão e condutividade elétrica que exigem no experimento proposto, tendo como vasta o pouco processamento e memória, ao qual seria muito dispendioso o uso de um microprocessador (Gimenez, 2015).

A escolha do microcontrolador depende da necessidade de processamento, memória, disponibilidade de ferramentas para realizar as tarefas necessárias e fontes confiáveis de pesquisa e suporte (Mazidi; Mckinlay; Causey, 2008).

Ainda citando o estudo de Palande *et. al* (2018), eles criaram um sistema chamado de Titan Smartponics, no qual utilizaram dois microcontroladores Arduino, um Raspberry Pi (usado para executar um software de automação de código aberto chamado Domoticz), software de fonte aberta e alguns sensores, como ilustrado na Figura 1. O Arduino é uma placa de desenvolvimento de código aberto criada em 2005 no Instituto de Interação e Design, em Ivrea na Itália, que surgiu através da necessidade que o professor Massimo Banzi tinha de tornar a tecnologia mais barata e acessível para os estudantes do instituto, sem eles necessitarem ter um conhecimento aprofundado em eletrônica e programação (Evans; Noble; Hochenbaum, 2013).

Titan Smartponics provou a sua importância através do seu aspecto completo de automação (controle de pH, temperatura e condutividade elétrica da solução nutritiva, por exemplo), bem como a sua capacidade de ser pequeno e acessível o suficiente, para uso do consumidor (Palande et al. 2018).

5 METODOLOGIA

Para desenvolvimento deste trabalho que engloba uma proposta de experimento dentro de um projeto interdisciplinar que abrange várias disciplinas da grade do ensino médio pertencentes a grande área de ciências exatas e da natureza, necessitou-se de realizar primeiramente uma vasta revisão bibliográfica acerca do tema abordado em conjunto com a metodologia ativa de aprendizagem, abordada no item 4.1 desse trabalho.

O projeto foi desenvolvido na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Ecoporanga, localizado no município de Ecoporanga-ES, em parceria com os professores da área de Ciências da Natureza, tendo como público alvo estudantes da 1ª série do Ensino Médio, no decorrer dos meses de junho a outubro de 2023. O desenvolvimento do projeto teve as etapas descritas abaixo:

5.1 Construção da horta

Inicialmente, houve a apresentação da proposta e uma explicação detalhada sobre o projeto de estabelecimento da horta na escola para os estudantes. Posteriormente, utilizando os materiais fornecidos pela unidade escolar, a horta foi construída, sendo delineada a abordagem mais adequada para a implementação do sistema hidropônico, em colaboração com os estudantes.

O referido local do experimento contou com uma estrutura para minimizar os efeitos dos raios solares utilizando sombrite 70% para cobrir a estrutura construída para o sistema hidropônico, que teve uma bancada em que recebeu os canos de PVC com dimensionamento em 4m x 2 m. A formulação da solução nutritiva usada no cultivo foi a partir de produtos comerciais, conforme tabelas (1 e 2) abaixo de acordo com as especificidades do fornecedor.

TABELA 1: Relação dos nutrientes da solução A.**Solução A:**

Garantias (%)			
N sol. em água	8	Mn sol. em água	0,04
P ₂ O ₅ sol. em água	8	Cu sol. em água	0,03
K ₂ O sol. em água	30	Zn sol. em água	0,019
S sol. em água	3	Mo sol. em água	0,009
Mg sol. em água	1	Ni sol. em água	0,006
Fe sol. em água	0,14	Co sol. em água	0,002
B sol. em água	0,04		

Composição: Micros quelatizados EDTA, além de nitrato de potássio, MKP, MAP Cristal, entre outros.

TABELA 2: Relação dos nutrientes da solução B.**Solução B:**

Garantias	
N total	10%
Ca total	15%
Mg sol. em água	2%

Composição: Nitrato de Cálcio, Nitrato de Magnésio, Produto de Fabricação Própria Sob Nº De Reg. De Produto No Mapa: Pr 000637-8.000018, e Agente Corante.

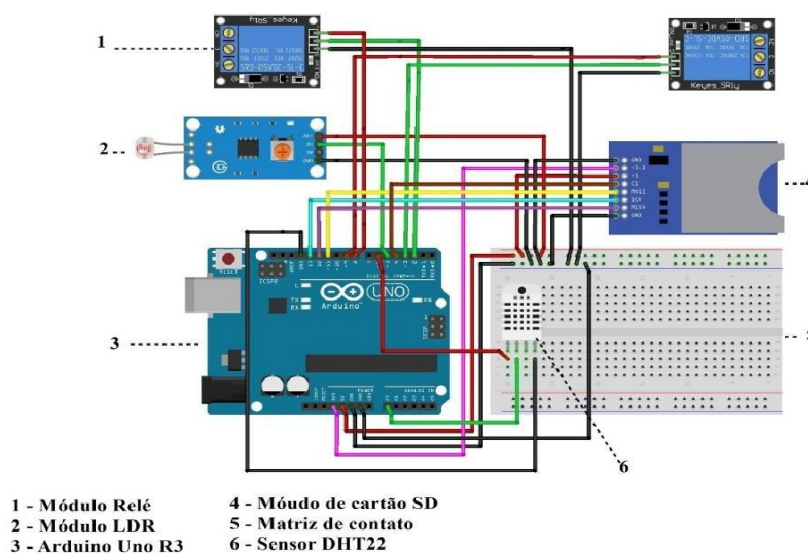
Para realização do experimento, foi utilizada a alface Luci Brow e coentro, por ser uma cultivar bem adaptada à região e ao cultivo hidropônico. As mudas foram produzidas pelos estudantes, selecionando as plantas que apresentaram maior uniformidade.

511 Implantação do sistema de automação e controle das variáveis que foram analisadas

Para aferição dos níveis de salinidade (CE) e pH da solução nutritiva foi utilizado um equipamento portátil, modelo EC-3587 da *Analytical Instruments*. No sistema de automação foi preconizado o tempo de aplicação da solução nutritiva de 15 minutos, enquanto, o intervalo de aplicação foi em função da temperatura do ar (T) e umidade do ar (U) que direciona as diferentes programações. Durante o dia, a programação “P1” com intervalo de 15 minutos e “P2” com intervalo de 10 minutos, a noite programação “P3” com intervalo de 60 minutos e “P4” com intervalo de 120 minutos.

Os componentes necessários para construção do dispositivo de automação foram: matriz de contato² com 400 pontos, módulo sensor LDR³, sensor DHT11⁴ “ou DHT22”, módulo relé⁵, módulo SD⁶, cartão microSD⁷ com adaptador⁸ e um Arduino Uno R3⁹. A Figura 2 apresenta o diagrama de montagem do sistema de automação, conforme Rodrigues *et al.*, 2022.

Figura 2–Diagrama de instalação do sistema de automação com Arduino Uno R3



Fonte: For Projects

5.2 Critérios de avaliação dos (as) estudantes

Obedecendo a um cronograma para a realização do trabalho, que teve por fim avaliar qual o impacto que o mesmo causaria no ambiente da escola e dos alunos, as avaliações ocorreram da seguinte maneira:

- ✓ Observação da participação dos estudantes nas atividades propostas desde a implantação da horta até a finalização das atividades práticas e experimentações, dentre outras;
- ✓ Avaliação das atividades práticas desenvolvidas nas aulas sobre propagação vegetal, Arduino e acompanhamento das variáveis analisadas observadas pelos (as) estudantes;
- ✓ Análise das avaliações externas (avaliação diagnóstica) da Secretaria Estadual de Educação (SEDU).
- ✓ Observação da interação e percepção dos discentes ao participar do projeto.

Portanto, a avaliação ocorreu em todo o processo de maneira processual, formativa e qualitativa observando a importância da realização do presente projeto, e os benefícios que desencadearam aos estudantes seja na parte intelectual, emocional, social e educativa.

6 RESULTADO E DISCUSSÃO

Para a realização do trabalho, houve um primeiro contato com os (as) estudantes em sala de aula, em que por meio de uma apresentação expositiva dialogada, foi explicado o que é um sistema hidropônico, suas características, demonstrando através de imagens e propondo que os estudantes participantes do projeto fossem responsáveis em alguma etapa da construção do sistema hidropônico.

A hidroponia foi construída na parte externa da escola, cujo espaço é utilizado para o desenvolvimento de eletivas voltadas para a olericultura. Na construção da hidroponia foi utilizado materiais alternativos (madeiras reutilizadas) na fabricação da estrutura suspensa para fixação dos canos de PVC.

O desenvolvimento do projeto foi dividido em algumas etapas, conforme a Tabela 1, representada na Figura 3.

TABELA 3: Etapas do projeto e construção do sistema hidropônico com utilização de Arduino Uno R3:

1ª etapa	Aula teórica em sala de aula sobre algumas formas de cultivo: em solo, aquapônico e hidropônico; Escolha da área para realização do sistema hidropônico, juntamente com os estudantes, separando as áreas de cultivo em solo, da hidroponia; Construção do <i>croqui</i> pelos (as) estudantes, juntamente com os professores envolvidos (as).
2ª etapa	Definição da área.
3ª etapa	Dimensionamento e nivelamento do terreno pelos (as) estudantes, juntamente com os professores envolvidos (as).
4ª etapa	Construção das estruturas (bancada de madeira para fixação dos canos de PVC), por uma empresa terceirizada.

5ª etapa Perfuração dos canos de PVC pelos (as) estudantes, juntamente com os professores envolvidos (as), utilizando furadeira e instalação da bomba d'água.

6ª etapa	Aula teórica e prática sobre propagação de plantas, plantio de sementes em sistema hidropônico. Nesta etapa foram trabalhados conceitos da Física os quais estavam sendo aplicado durante a execução do experimento. Tais como, temperatura, corrente elétrica, condutividade elétrica da água, vazão da água, velocidade do fluxo, etc. Como o trabalho era interdisciplinar, professores de outras matérias, como Biologia, Química e Matemática, também realizaram aulas teóricas abordando os conceitos os quais estavam sendo trabalhados durante o experimento.
----------	---

7ª etapa Instalação e fixação dos canos de PVC, plantio das sementes e automação utilizando Arduino Uno R3.

8ª etapa	Sistematização do conteúdo trabalhado.
----------	--

Figura 3 – Algumas etapas da construção do cultivo de olerícolas utilizando o sistema hidropônico com estudantes do Ensino Fundamental e Médio.



Fonte: acervo do autor

O primeiro passo foi analisar um terreno de fácil acesso aos usuários, que facilitasse a construção do sistema hidropônico. A área do experimento foi delimitada com o espaço de 118,08 m² situado próximo ao setor utilizado para as eletivas de olericultura (Figura 04).

Nesta etapa pode-se abordar dentre vários conteúdos, a importância das unidades de medidas, o sistema internacional das unidades, as grandezas físicas, os conceitos de medidas, áreas, volumes. Conceitos estes pertinentes a Física.

Vale ressaltar, que em cada etapa realizar do experimento, por se tratar de uma proposta interdisciplinar, houve momentos os quais professores de outras disciplinas trabalharam conteúdos abordados no experimento. Como a Biologia, Química, Matemática e Física. Contudo, iremos restringir nosso relato aos conteúdos abordados na disciplina de Física, objeto de estudo desse Trabalho de Conclusão de Curso.

Figura 4 - Área utilizada para construção do Sistema Hidropônico, localizada próximo a horta da escola.



Fonte: acervo do autor

Como pode-se observar é um local plano, apto para receber o sistema de cultivo, devido ao seu fácil acesso e proximidade aos estudantes. O sistema hidropônico deve obedecer a critérios em sua construção, de forma que o usuário tenha total acesso, sendo necessário que esse cuidado seja bem pensado, pois é um espaço que receberá variadas pessoas, sejam elas sem nenhum tipo de necessidade física, e pessoas com deficiências especiais. Esse local deve ser bem transitável para facilitar o acesso. Deve ser criado de forma tradicional, de maneira suspensa (FARIAS, 2020).

Os (as) estudantes tiveram esse primeiro contato com a área, para confeccionar um *croqui* (Figura 05), ou seja, uma representação simbólica através de um desenho cuja imagem pode ser elaborada da perspectiva do autor (MARTINO,

2007), entretanto sob a orientação dos (as) professores por necessitar da parte técnica.

O conteúdo de Física trabalhado nesta etapa, novamente foi o conceito de área e volume, acrescido dos conceitos de fluido, vazão, etc.

Figura 5 - Croquis realizados pelos (as) estudantes expressando ideias para a construção do Sistema Hidropônico.



Fonte: For Projects

No que diz respeito à elaboração do *croqui*, orientação, dimensionamento e limpeza da área, os estudantes demonstraram um envolvimento significativo e entusiasmo notáveis ao criar o sistema hidropônico. Através dessas atividades, os (as) estudantes tiveram a oportunidade de estimular e expressar sua criatividade por meio de representações gráficas e desenhos, estabelecendo conexões com conceitos de diversas áreas do conhecimento, como Física, Biologia, Química, Matemática e

Artes. Além disso, essas experiências incentivaram o desenvolvimento do pensamento crítico e científico, bem como promoveram a autonomia e o protagonismo dos (as) estudantes. Isso está alinhado com a visão de Demo & Silva (2020), que enfatiza a importância dos (as) estudantes se sentirem responsáveis pela escola, cuidando, zelando por ela, propondo melhorias e participando ativamente na tomada de decisões que afetam o seu ambiente escolar.

Foi realizada a limpeza do terreno, dimensionamento das estruturas e reutilização de algumas madeiras. A limpeza foi feita com a utilização de ferramentas como carrinho de mão, rastelos, enxadas e pás, realizadas pelos (as) estudantes, com supervisão dos professores, de forma para não ocorrer nenhum acidente e correlacionando com objetos do conhecimento que estava em estudo, visando desenvolver as aulas práticas. A parte suspensa foi realizada por uma empresa terceirizada (Figura 6).



Fonte: acervo do autor

Figura 6 - Limpeza da área feita pelo os (as) estudantes e construção da parte suspensa pela empresa terceirizada.

Concomitante às atividades de realização do sistema hidropônico, houve as aulas teóricas e práticas relacionadas à agroecologia, propagação de plantas e cultivo de sementes e mudas. No que se refere ao conteúdo de Física, pode propor atividades como calcular a taxa de crescimento das plantas, o volume de água utilizado durante esta etapa, dentre outros. Observou-se uma participação significativa dos estudantes em todo o processo educativo. Isso abrange desde as aulas teóricas, nas quais foram apresentados os princípios da agroecologia com uma abordagem sustentável e ênfase na educação ambiental, até as aulas práticas, nas quais os estudantes adquiriram conhecimentos sobre tópicos como calagem, adubação, pH do solo, propagação de plantas, semeadura e plantio. De acordo com

Almeida *et al.* (2017), a educação ambiental desempenha um papel fundamental na promoção de valores, comportamentos e atitudes mais sustentáveis na sociedade, especialmente quando os indivíduos têm a oportunidade de interagir diretamente com a natureza. Essa interação ajuda a reduzir o impacto humano no meio ambiente e vai além dos aspectos formais de ensino, envolvendo experiências práticas que estimulam a percepção sensorial, a expressão corporal e o contato direto com a natureza.

Também com a participação dos (as) professores (as) que entendem da área de sistema hidropônico e tecnologia da informação, ocorreu aulas teóricas sobre hidroponia e automação visando levar o aprendizado dos (as) estudantes no que se refere a hidroponia e demonstrar como a tecnologia, em particular o Arduino Uno R3, poderia ser usada para automatizar e otimizar o controle de pH, umidade e temperatura em sistemas hidropônicos. O projeto teve como base uma abordagem prática e interdisciplinar, visando não apenas o domínio de conceitos científicos, mas também o desenvolvimento de habilidades tecnológicas e sustentáveis.

No que se refere a construção das estruturas, após a limpeza e dimensionando da área, foi realizado o nivelamento do terreno, no qual foi construído a instalação dos canos de PVC, anteriormente perfurados pelos (as) estudantes utilizando furadeira e serra copo, juntamente com os (as) professores (as), também foram instaladas as bombas d'água para o funcionamento do sistema (Figura 7). É evidente que a prática vivenciada pelos (as) estudantes proporcionou o desenvolvimento de competências socioemocionais, incluindo criatividade, responsabilidade, trabalho em equipe, cooperação, autonomia e pensamento crítico. Isso transformou o processo de aprendizagem em uma experiência ativa, conforme enfatizado por Valente *et al.* (2017). Quando os alunos se envolvem em atividades desse tipo, estão efetivamente participando de uma aprendizagem baseada em investigação, ou seja, numa metodologia ativa. De acordo com Coelho *et al.* (2022), a metodologia ativa se baseia na ideia de que o aprendizado é aprimorado por meio de práticas, atividades, jogos e projetos, combinando a colaboração, que envolve o aprendizado conjunto, com a personalização, que estimula e gerencia trajetórias de aprendizagem individuais.

Figura 7 - Construção do sistema hidropônico utilizando PVC.

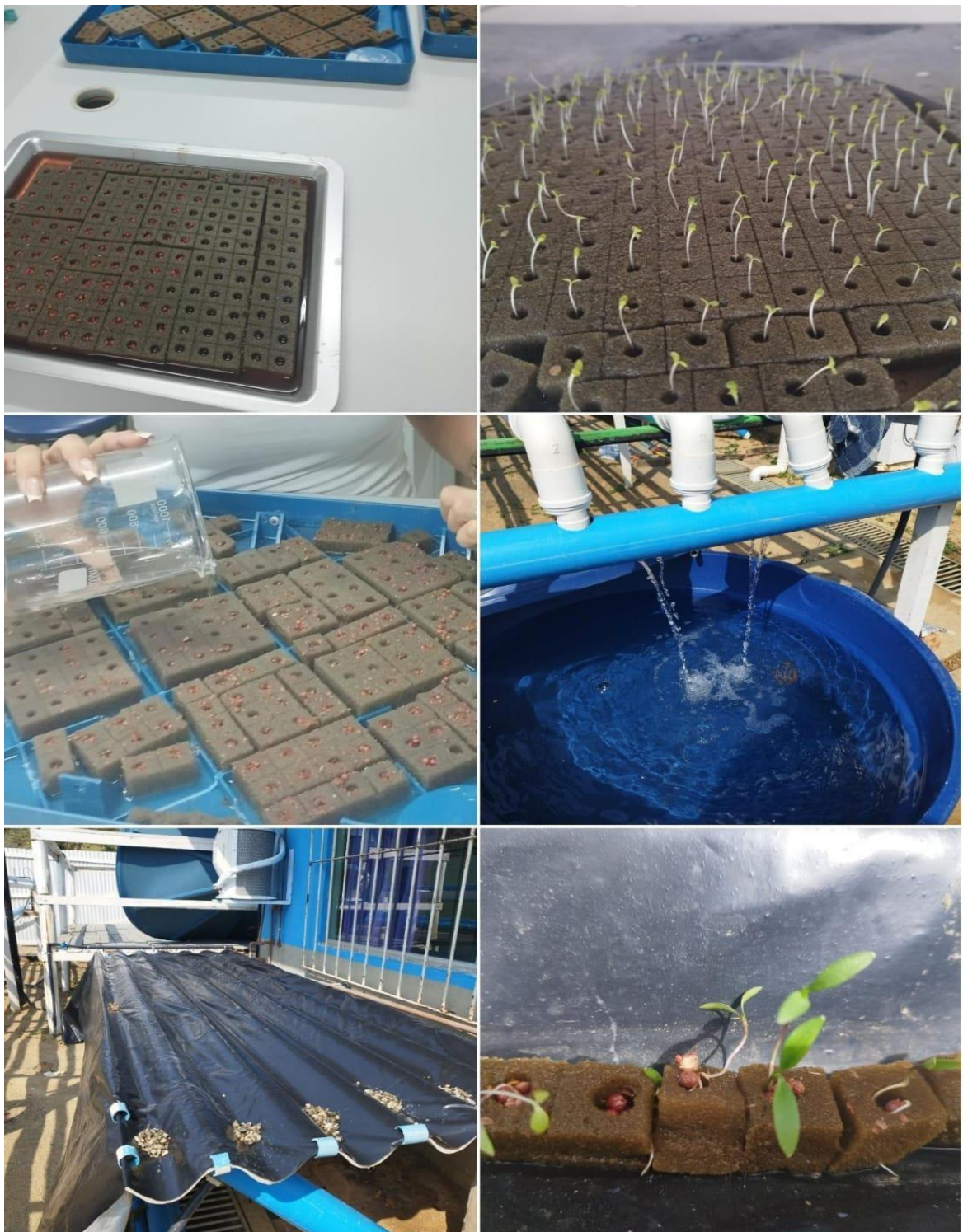


Fonte: Autoria própria

Para a realização da semeadura das plantas, optou-se por cultivar sementes peletizadas de alface *Lactuca sativa* L. “Lucy Brown” e coentro. A peletização é um processo de recobrimento de sementes, utilizando material inerte com o objetivo de facilitar a manipulação, através da homogeneização de tamanho e forma. Geralmente

é feito em sementes muito pequenas ou com forma que dificulta o plantio. As sementes foram plantadas pelos (as) estudantes em espuma fenólica, imersas em solução nutritiva (Figura 8), produzida por meio do fertilizante mineral comercial da plantpar Flex azul e Flex vermelho.

Figura 8 – Plantio das sementes de alface e coentro na espuma fenólica, imersas em solução nutritiva.



O fertilizante mineral da plantpar Flex azul e Flex vermelho, são formulados com macro e micronutrientes indicados para todas as fases do cultivo de hortaliças folhosas, como alface, agrião, chicória, almeirão, forragem, rúcula, cheiro verde, brócolis, couve, entre outras, em hidroponia e fertirrigação, (conforme tabelas 4 e 5).

TABELA 4: Composição do Flex vermelho: Micros quelatizados EDTA, além de nitrato de potássio, MKP, MAP Cristal, entre outros.

Flex Vermelho			
Garantias (%)			
N sol. em água	8	Mn sol. em água	0,04
P ₂ O ₅ sol. em água	8	Cu sol. em água	0,03
K ₂ O sol. em água	30	Zn sol. em água	0,019
S sol. em água	3	Mo sol. em água	0,009
Mg sol. em água	1	Ni sol. em água	0,006
Fe sol. em água	0,14	Co sol. em água	0,002
B sol. em água	0,04		

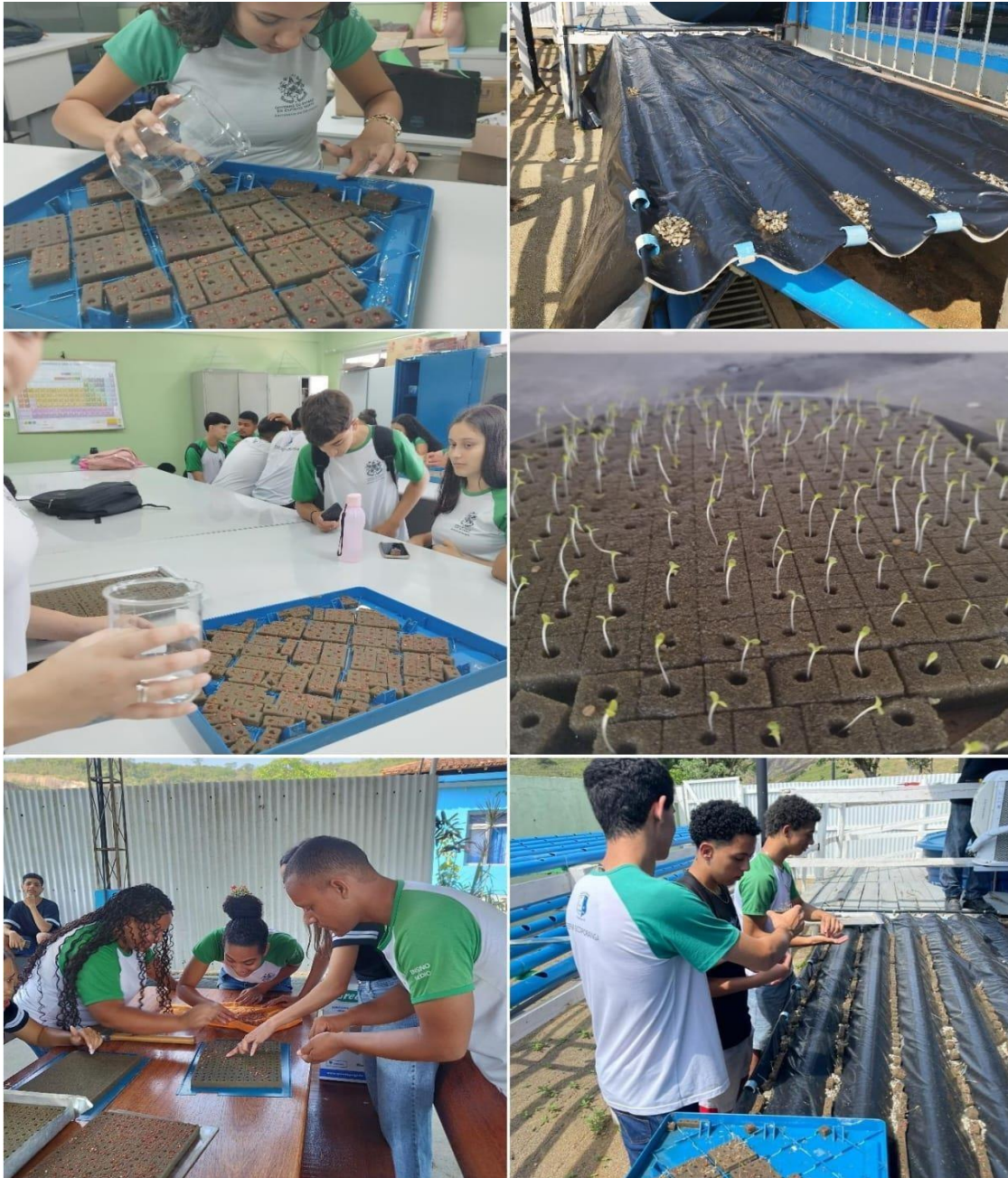
TABELA 5: Composição do Flex azul: Composição: nitrato de cálcio, nitrato de magnésio, produto de fabricação própria sob nº de registro de produto no mapa: pr 000637-8.000018, e agente corante.

Flex Azul	
Garantias	
N total	10%
Ca total	15%
Mg sol. em água	2%

Após o plantio, as sementes ficaram em ambiente escuro para germinação por três dias, após esse período foram destinadas às estruturas denominadas “berçário” com solução hidropônica utilizando uma telha de amianto recoberta por lona, para atingir o tamanho adequado, ou seja, com quatro folhas desenvolvidas, para posterior

transplântio, permitindo aos (as) estudantes a observação do seu desenvolvimento (Figura 9).

Figura 9 - Plantio feito pelos (as) estudantes, plantio orientado, recipientes utilizados, sementes germinadas e destinadas ao berçário.



Fonte: acervo do autor

Para a nutrição das plantas, foram usados nutrientes líquidos, citados anteriormente para nutrir as raízes das plantas. Após os conhecimentos teóricos e práticos da hidroponia, os (as) estudantes foram apresentados ao Arduino Uno R3, no qual foi conduzido as aulas práticas sobre o funcionamento do Arduino, explicando como conectar sensores de pH, umidade e temperatura ao sistema. Os estudantes aprenderam os princípios da programação e como usar o Arduino para automatizar processos. Dessa maneira, foi incorporado um sistema de controle automatizado utilizando Arduíno Uno R3, que regulou a temperatura, pH e a umidade do sistema de cultivo, visando proporcionar aos estudantes uma experiência única de aprendizado que uniu a ciência, a tecnologia e a sustentabilidade.

Nesta etapa, foi possível a abordagem de vários conteúdos da Física, dentre os quais destacamos: temperatura e condutividade elétrica da água.

No que se refere às avaliações externas aplicadas pela Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo, como a avaliação diagnóstica que se dá no início do primeiro trimestre e término do terceiro trimestre, para observar o rendimento escolar dos estudantes, as turmas analisadas obtiveram os resultados na Tabela 6

Tabela 06 : Resultados obtidos em porcentagem na primeira e segunda edição da avaliação diagnóstica aplicada pela Secretaria Estadual de Educação do Espírito Santo (SEDU)

Disciplina	Série	1ª Edição da Avaliação Diagnóstica Porcentagem (%) de Assertividade	2ª Edição da Avaliação Diagnóstica Porcentagem (%) de Assertividade
Física	1ª V1 EM	31%	39%
Física	1ª V2 EM	29%	46%
Química	1ª V1 EM	41%	70%

Química	1ª V2 EM	36%	48%
----------------	----------	-----	-----

É evidente uma tendência positiva de melhoria nos resultados entre a primeira e a segunda edição das avaliações diagnósticas em todas as disciplinas e séries listadas. Isso sugere que os alunos estão progredindo e aprendendo ao longo do ano letivo. Nota-se uma melhoria considerável na disciplina de Química entre as edições das avaliações. Os alunos passaram de porcentagens relativamente baixas na primeira edição para porcentagens muito mais altas na segunda edição. Isso pode indicar uma boa compreensão dos conceitos e um comprometimento em melhorar o desempenho. Mesmo nas disciplinas em que os resultados ainda não são tão altos, como a Física, é encorajador observar um aumento na porcentagem de assertividade entre as edições das avaliações. Os resultados das avaliações fornecem uma base sólida para intervenções educacionais direcionadas.

Como o experimento faz parte de um projeto de médio a longo prazo, esses foram os resultados obtidos até o momento. À medida que as plantas irão se desenvolvendo, os (as) estudantes acompanham o seu crescimento e coletam dados, ajustando os parâmetros de pH, umidade e temperatura, com base em suas observações. Essa fase envolve um processo contínuo de experimentação e aprendizado, com os estudantes explorando diferentes estratégias de cultivo e resolvendo desafios reais. Sendo assim, em relação ao resultado, os estudantes tiveram a oportunidade de aplicar conceitos de Biologia, Química, Física, Eletrônica e Programação. Eles não apenas aprenderam sobre hidroponia, mas também desenvolveram habilidades técnicas valiosas, como programação e automação, que são cada vez mais relevantes no mundo atual. Além disso, o projeto proporcionou aos alunos uma compreensão mais profunda sobre conteúdos de Física uma vez que os mesmos puderam aplica-los no experimento. Além disso, proporcionou aos alunos conhecimentos a respeito do ciclo de vida das plantas, a importância da nutrição das plantas e a necessidade de métodos de cultivo sustentável.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do projeto, os estudantes estavam empolgados com suas realizações. Eles puderam visualizar a aplicação de vários conceitos de Física que, até então, só haviam tido contado de forma teórica, através de definições e cálculos matemáticos. No que diz respeito ao cultivo das plantas, os alunos puderam realiza-lo de forma sustentável, economizando água e eliminando o uso de solo. Ademais, os estudantes adquiriram habilidades valiosas no que se refere a automação com Arduino. Eles perceberam o potencial de aplicar esses conhecimentos para abordar questões de agricultura sustentável e contribuir para um futuro mais verde.

A execução do experimento no formato de projeto interdisciplinar não apenas enriqueceu o currículo dos estudantes, mas também inspirou uma nova geração a se envolver em práticas agrícolas sustentáveis e a explorar as possibilidades da tecnologia para tornar nosso mundo mais ecológico. Com a educação e as habilidades que adquiriram, espera-se que esses (as) estudantes estejam preparados para cultivar um futuro mais sustentável e promissor. Ousa-se dizer que o mesmo também inspirou aos professores a trabalhar em conjunto os conteúdos das disciplinas mediante possibilidades, além de feminizá-los às metodologias ativas de ensino, as quais se mostram bastante eficazes no processo de ensino-aprendizagem.

8 REFERÊNCIAS

- BACICH, L.; MORAN, J. (Orgs.). **Metodologias Ativas para uma Educação Inovadora**. Penso Editora, Porto Alegre, 2018.
- BORGES, T., ALENCAR, G., (2014). **Metodologias Ativas na promoção da formação crítica do estudante: o uso das Metodologias Ativas como recurso didático na formação crítica do estudante do ensino superior**, p. 119-142.
- BRUSDZENSKI, T. T. C. P; BELMONTE, V.N. TAVARES, B. M. **Sala de aula invertida no ensino de física para os anos iniciais do ensino fundamental. Encontros Integrados de Física e seu Ensino 2022**. Dezembro de 2022.
- CARLET, M. A. **Automação de horta hidropônica utilizando microcontrolador arduino. 2020. Dissertação (Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.**
- CARRIJO, Osmar A.; MAKISHIMA, Nozomu. **Princípios de Hidroponia**. Brasília: Embrapa – Hortaliças, 2000. 27p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/769981/1/CNPHDOCUMENTO S22PRINCIPIOSDEHIDROPONIA.pdf>. Acesso em: 16 abril 2023.
- DARDER, Margarita *et al.* **Multisensor device based on Case-Based Reasoning (CBR) for monitoring nutrient solutions in fertigation. Sensors And Actuators B: Chemical**. Madrid, Spain, p.530-535, 2016. Disponível em: . Acesso em: 26 março. 2023.
- DOMINGOS, ALLINE SILVA. **Sistema de Monitoramento de cultivo hidropônico. 2019. Trabalho de conclusão de curso**. Instituto Federal de Santa Catarina.
- DOMINGUES, D. S. *et al.* **Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. Computers And Electronics In Agriculture**, [s.l.], v. 84, p.53-61, jun. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag>.
- DOUGLAS, James Sholto. **Hidroponia: cultura sem terra**. NBL Editora, 2001.

ERIDANI, D.; WARDHANI, O; WIDIANTO, E. D. In: 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION TECHNOLOGY, COMPUTER, AND ELECTRICAL ENGINEERING (ICITACEE). **Designing and implementing the arduino-based nutrition feeding automation system of a prototype scaled nutrient film technique (NFT) hydroponics using total dissolved solids (TDS) sensor.** Anais [...]. 2017. 6p.

EVANS, M; NOBLE, J; HOCHENBAUM, J. **Arduino em ação.** Novatec Editora, 2013.

FERREIRA, L. G. D. S. LOPES, L. V., CARA, J.V., J. V. D. A., & CRUCES, R. D. O. (2021). **Análise comparativa do alface químico e orgânico na hidroponia. Trabalho de conclusão de curso.** CEETEPS.

FERREIRA, L. G. S.; LOPES, L. V.; CARA, J. V. A.; CRUCES, R. O. **Análise comparativa do alface químico e orgânico na hidroponia.** Trabalho de Conclusão de Curso (2021). ETEC. Santa Cruz do Rio Pardo – SP.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia.** Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1996.

GIMENEZ, S. P. **Microcontroladores 8051 - conceitos, operação, fluxogramas e programação.** Editora Saraiva, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536519906/>. Acesso em: 02 maio de 2022.

GONÇALVES, D.C.; BENITE, C.R.M. **Metodologia ativa e robótica educacional: uma proposta para o estudo do sistema solar.** ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista - Santo Ângelo - Vol. 12, n. 3., p. 149-163, set./dez. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v12i3.734>. ISSN:2237-4450.

JÚNIOR, A.A.P. NETO, M. J. S. **Aprendizagem de física no ensino médio por meio do Peer Instruction.** Encontros Integrados de Física e seu Ensino 2022. Dezembro de 2022.

KYAW, Thu Ya; NG, Andrew Keong. **Smart Aquaponics System for Urban Farming.** Science Direct, Singapore, v. 143, p.342-347, 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217364585>. Acesso em: 27 março. 2023.

LOPES, R. E. M.; SOUZA, J. V. S. NASCIMENTO, B.; RODRIGUES, K. L. C. **Clube Horta Ecológica: Semeando Saberes, Cultivando Conhecimento, Colhendo Sabores**. Id on Line Rev. Psic., Fevereiro/2023, vol.17, n.65, p. 489-500, ISSN: 1981-1179.

MAZIDI, M. A.; MCKINLAY, R. D.; CAUSEY, D. **PIC microcontroller and embedded systems: using assembly and c for pic18**. [S. l.]: Pearson Education, 2008. 822 p. ISBN 0136009026.

PALANDE, V.; ZAHEER, A.; GEORGE, K. **Fully Automated Hydroponic System for indoor plant growth. International conference on identification, information and knowledge in the internet of things**. Procedia Computer Science. p. 482-488, 2018.

RODRIGUES, L. G.; MEIRELES, A.C.M; OLIVEIRA, C.W. COSTA, G.G.; SIMÕES, D.H.P. BERNARDO, L.S. **Automação de cultivo hidropônico com Arduino Uno R3**. RECODAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar v. 8, n. 2. 2022. ISSN: 2448-0452.

ROMAN, Cassiela *et al.* **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem no processo de ensino em saúde no Brasil: uma revisão narrativa**. Clinical & Biomedical Research, Porto Alegre, v. 37, n. 4, 2017. <http://dx.doi.org/10.4322/2357-9730.73911>.

SANTOS, O. S. **A sustentabilidade através da horta escolar: um estudo de caso**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2014.

SANTOS, O. S. **Hidroponia da alface**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2000, 160p. Cultivos sem solo – Hidroponia. 2ª reimpressão. Santa Maria: UFSM/CCR, 2002. 107p.

YILDIRIM, Murat; SUN, Xu Andy; GEBRAEEL, Nagi Z. **Sensor-driven condition based generator maintenance scheduling—Part I: Maintenance problem**. IEEE Transactions on Power Systems, v. 31, n. 6, p. 4253-4262, 2016.