

Horta em um centro de ensino fundamental: Sistema de irrigação por microgotejamento automatizado

Vegetable garden at an elementary school: Automated micro-irrigation system

Luca Demartini Gontijo, graduando de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília

Lucagontijo911@gmail.com

Guilherme Carvalho de Oliveira Martins, graduando de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília

guilhermecarvalhoz@gmail.com

Dianne Magalhães Viana, Dra. Engenharia Civil, Universidade de Brasília.

diannemv@unb.br

Rafael Amaral Shayani, Dr. Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília

shayani@unb.br

Resumo

O artigo apresenta um estudo sobre a implementação de um sistema automatizado de irrigação de micro gotejamento em uma horta escolar, visando integrar conceitos de sustentabilidade e educação prática. Realizado por estudantes de engenharia utilizando o método de aprendizagem baseada em problemas, o projeto visou otimizar o uso da água e promover a educação ambiental. Os procedimentos metodológicos para solução do problema incluíram visitas de campo, dimensionamento do sistema, e elaboração de propostas de automatização com materiais específicos. Resultados mostraram a viabilidade do sistema para economia de água e como uma ferramenta educacional, sugerindo possibilidades de melhorias futuras e aplicação prática em contextos educacionais.

Palavras-chave: Educação para sustentabilidade; Irrigação automatizada; Horta escolar; Aprendizagem baseada em problemas.

Abstract

The article presents a study on the implementation of an automated micro-drip irrigation system in a school garden, aiming to integrate concepts of sustainability and practical education. Conducted by engineering students through problem-based learning methods, the project aimed to optimize water use and promote environmental education. Methodological procedures to solve the problem included field visits, system sizing, and development of automation proposals with specific materials. Results demonstrated the system's feasibility for water saving and as an educational tool, suggesting possibilities for future improvements and practical application in educational contexts.

Keywords: Education for sustainability; Automated irrigation; School vegetable garden; Problem-based learning.

1. Introdução

Nos últimos anos, a conscientização sobre os desafios globais e a necessidade de atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas tem incentivado diversas áreas do conhecimento a buscar soluções inovadoras e sustentáveis. Neste contexto, a educação surge como um pilar fundamental para um desenvolvimento mais sustentável, conforme destacado pela UNESCO, enfatizando a importância de integrar princípios de sustentabilidade nos currículos educacionais [1-3].

A Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS) representa uma abordagem global, holística e transformadora, endossada pela UNESCO [4]. Seu principal objetivo é equipar os estudantes com o conhecimento, habilidades, valores e atitudes essenciais para tomar decisões informadas e realizar ações responsáveis que favoreçam a preservação do meio ambiente, a sustentabilidade econômica e a construção de uma sociedade mais equitativa.

Contudo, a implementação da EDS nas instituições de ensino superior, muitas vezes, não atinge seu potencial pleno ao não adotar uma perspectiva abrangente e transformadora. Isso ocorre devido à falta de pedagogias inovadoras que estimulem uma participação mais ativa dos estudantes. Para superar essas limitações e promover um entendimento maior sobre sustentabilidade, é fundamental que a EDS integre estratégias didáticas que incentivem o pensamento crítico, a capacidade de resolver problemas de maneira criativa e o engajamento ativo dos alunos.

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) das engenharias podem contemplar essa necessidade, incorporando a sustentabilidade como um tema transversal e abrindo a possibilidade de se adequar os projetos pedagógicos e os currículos à formação por competências tendo em vista o perfil do egresso [5].

Na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília uma forma de implementar ações formativas com base na solução de problemas reais consiste em aliar demandas da extensão à disciplina Projeto Integrador utilizando o método de aprendizagem baseada em problemas (PBL).

Nesse sentido, este artigo é resultado do trabalho colaborativo entre uma equipe de cinco estudantes dos cursos de engenharia mecânica e mecatrônica da disciplina optativa Projeto Integrador e três estudantes de engenharia elétrica e de produção, do projeto de extensão “Tecnologias para o Avanço da Humanidade”, realizado durante o segundo semestre de 2023.

O objetivo do presente estudo consiste em apresentar a solução de um problema prático e relevante: a necessidade de melhorar um sistema de irrigação de uma horta e, com isso discutir os possíveis ganhos de aprendizagem das partes envolvidas. Esse problema trata-se de uma demanda de uma escola de ensino fundamental levantada pelo polo de extensão da Universidade de Brasília no Recanto das Emas e também se alinha aos princípios de sustentabilidade e educação prática tanto para os estudantes de engenharia quanto para os estudantes da escola.

Para solução do problema foi escolhido um sistema de micro gotejamento automatizado, pela capacidade desse sistema otimizar o uso da água, reduzir desperdícios e melhorar a eficiência da produção vegetal, aspectos críticos em um contexto de mudanças climáticas e escassez de recursos. A implementação de sistemas como este em um ambiente educacional oferece uma oportunidade única de integrar conceitos teóricos com práticas sustentáveis, promovendo uma educação holística e preparando os alunos para enfrentarem os desafios do século XXI com criatividade e responsabilidade [6-8].

2. Procedimentos Metodológicos

A abordagem utilizada para a solução do problema é a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP ou PBL) é um método de aprendizagem ativa que envolve os estudantes na exploração de problemas reais, complexos e multifacetados. Essa abordagem facilita uma compreensão mais profunda do objeto de estudo, mas também incentiva os estudantes a desenvolverem habilidades de pensamento crítico, resolução de problemas e a capacidade de aplicar conhecimento em situações práticas da vida real [9-11]

A estratégia foi utilizada consiste nos seguintes passos [12]: 1. Apresentação do problema aos participantes; 2. Discussão das ideias em grupo, usando o conhecimento prévio para tentar entender e abordar o problema; 3. Identificação de lacunas e questões mal compreendidas; 4. Planejamento da distribuição de tarefas objetivando investigar as questões mais profundamente; 5. Pesquisa e estudo individual, para resolver as questões levantadas; 6. Integração e síntese, compartilhar com o grupo, integrando os conhecimentos adquiridos ao contexto do problema; 7. Apresentação dos resultados, autoavaliação, avaliação pelos pares e reflexão sobre o processo vivenciado.

Durante a fase inicial de apresentação do problema foi realizada uma visita de campo para coletar dados preliminares essenciais à compreensão do problema. Para a organização das ideias, utilizou-se a ferramenta Canvas, facilitando a estruturação do pensamento coletivo. As fases de planejamento de tarefas, estudo individual e compartilhamento de informações foram repetidas em ciclos iterativos até que se alcançasse a solução desejada para o problema. A culminação deste processo foi a apresentação dos resultados finais na instituição escolar, marcando a conclusão bem-sucedida do projeto.

A seguir são apresentados detalhes do levantamento de dados e requisitos, do dimensionamento do sistema de irrigação e da automatização do sistema.

2.1. Visita de campo

A primeira parte do trabalho consistiu em ir ao local da horta educacional e fazer levantamento do tipo de irrigação utilizado, plantas cultivadas, área de plantio, tipo de solo e pontos de fornecimento de água. Para tal, utilizou-se uma trena de 10 m de comprimento para fazer as medições necessárias; um caderno e uma caneta para anotar e fazer o esboço da horta; um recipiente para captar água e um cronômetro para calcular a vazão de água disponível (Figura 1).



Figura 1: Visão geral da horta e medição dos limites dos canteiros. Fonte: autores.

2.2. Dimensionamento do sistema de irrigação

O sistema foi dimensionado considerando as alternativas disponíveis [13] (micro gotejamento ou aspersão), evapotranspiração de referência, tipo de solo, coeficiente de cultura, vazão máxima disponível e velocidade de corrente na linha principal. As etapas de dimensionamento foram definidas a partir de estudos na área [14] e realizadas com o auxílio de programação usando *Python*:

- i. Definição das variáveis e dados de entrada, como a área, a cultura, o espaçamento, a evapotranspiração máxima média no ano (E_{to}), o fator de cultura (K_c), a frequência de irrigação, o tipo de emissor, a vazão do emissor e seu espaçamento;
- ii. Cálculo da área de cada canteiro, a área total de plantio, a quantidade de linhas de gotejamento por canteiro, a metragem de linha de gotejamento por canteiro, o número de gotejadores por canteiro e a vazão por canteiro;
- iii. Cálculo da lâmina líquida de irrigação (h) usando o E_{to} , o K_c e um fator de ajuste de aplicação da irrigação (K_r), e a lâmina bruta de irrigação (h_b) a partir da razão entre a lâmina líquida e a eficiência de aplicação do emissor;
- iv. Cálculo do tempo de irrigação, do volume bruto por planta e da porcentagem da área molhada;
- v. Cálculo do diâmetro da linha principal, da linha de derivação e da linha lateral, considerando a vazão, a velocidade, a perda de carga e os diâmetros comerciais disponíveis;
- vi. Cálculo da pressão na saída do cabeçal de controle, somando as perdas de carga e a pressão de serviço;
- vii. Seleção do material que atende aos requisitos do projeto.

2.3. Automatização

A concepção da automatização foi planejada para permitir flexibilidade em modificações futuras e potencializar seu uso como recurso didático. Ela envolve um sistema centralizado composto por microcontroladores e válvulas solenoides, encarregados de gerenciar a distribuição da irrigação pelos diversos canteiros. Estes, por sua vez, serão equipados com sensores capacitivos de umidade, que permitirão o acionamento automático da irrigação por meio dos microcontroladores, assegurando uma gestão eficiente do recurso hídrico conforme a necessidade específica de cada área plantada. O projeto do sistema foi elaborado utilizando a ferramenta AutoCAD de acordo com as seguintes etapas:

- i. Definição dos requisitos de segurança;
- ii. Definição dos requisitos de manejo da irrigação (personalizada para cada canteiro ou geral);
- iii. Definição do tipo de controlador a ser utilizado;
- iv. Definição das válvulas a serem utilizadas;
- v. Definição do sensoriamento do solo;
- vi. Elaboração do esquemático completo;
- vii. Seleção do material que atende aos requisitos do projeto.

3. Resultados

Os dados levantados na visita à horta foram condensados na Tabela 1.

Tabela 1: Levantamento de dados na visita à horta

Dado	Descrição
Tipo de irrigação utilizado	Fitas de irrigação e aspersão comum
Plantas cultivadas	Alface, tomate, rúcula, couve, coentro, couve, cebolinha, manjericão, boldo, alecrim, cenoura
Quantidade de canteiros aptos à plantio	Seis (6)
Área de plantio total	46,7m ²
Tipo de solo	Misto entre argiloso e arenoso
Ponto de fornecimento de água	Saída comum para mangueiras de jardim
Vazão disponível	3,75 * 10 ⁻⁴ m ³ /s

Fonte: autores.

Após a visita ao local, elaborou-se um desenho esquemático (ver Figura 2) que propõe um sistema de irrigação com micros gotejadores dispostos a intervalos regulares de 0,25 metros. Esse arranjo foi concebido para atender a uma diversidade de plantas, garantindo uma cobertura eficaz da área irrigada. Destaca-se que esse espaçamento entre as linhas de irrigação é flexível e pode ser ajustado conforme as exigências específicas de cada tipo de planta ou as condições do solo, possibilitando uma personalização do sistema de irrigação para otimizar o uso da água e a saúde das plantas.

3.1. Dimensionamento do sistema de irrigação

Utilizando os dados coletados em campo, juntamente com informações da literatura especializada sobre gestão de hortas e dimensionamento de sistemas de irrigação, consolidou-se os parâmetros de entrada no programa de cálculo do dimensionamento, conforme apresentado na Tabela 2. Realizou-se uma comparação entre o uso de aspersores, que é prática corrente e a implementação de um sistema de micro gotejamento. A decisão de adotar o sistema de micro gotejamento foi baseada em sua maior eficiência de aplicação da água [13], além da observação de que a área adjacente aos canteiros não é aproveitável para cultivo. Portanto, a utilização de aspersores resultaria em desperdício de água nas áreas entre canteiros, enquanto o micro gotejamento foca a irrigação diretamente na zona radicular das plantas, maximizando o uso da água e minimizando as perdas.

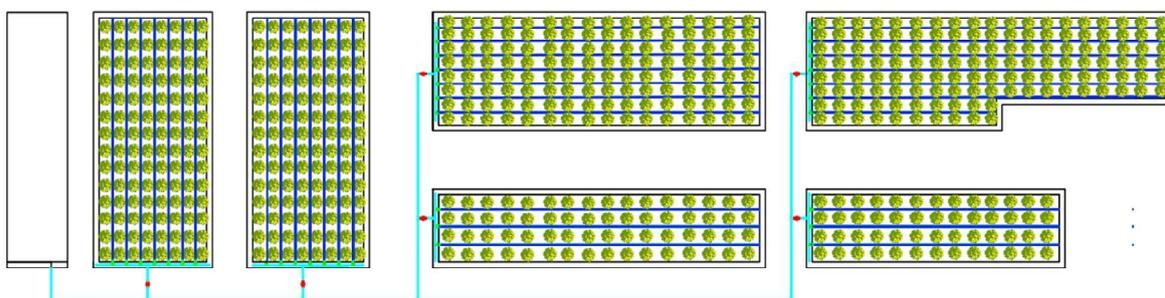


Figura 2: Disposição das linhas de irrigação. Fonte: autores.

Com isso, obteve-se os resultados do cálculo, que foram consolidados na Tabela 3, possibilitando uma análise e seleção de materiais comerciais a serem aplicados na horta descritos na Tabela 4.

Tabela 2: Parâmetros de entrada no programa de dimensionamento.

Parâmetro	Descrição
Área de plantio total	46,7 m ²
Espaçamento desejado entre linhas	0,258 m
Taxa máxima de evapotranspiração de referência no local de plantio	6 mm/h (1,7µm/s) [15]
Fator de cultura máximo	1,25 [16]
Fator de ajuste	1
Frequência de irrigação	A cada dois (2) dias
Eficiência do emissor	95% [13]
Vazão do emissor	1,6 L/h (0,44µm ³ /s) [17]
Espaçamento entre emissores	0,2 m [17]

Fonte: autores.

Tabela 3: Parâmetros de saída no programa de dimensionamento

Parâmetro	Descrição
Metragem de linha de gotejamento necessária	168,99 m
Vazão máxima em pressão de serviço ideal	$3,74 * 10^{-4} m^3/s$
Lâmina líquida de água	7,5 mm
Lâmina bruta de água	7,9 mm
Diâmetro da linha principal	15,43 mm

Fonte: autores.

Tabela 4: Lista simplificada de materiais selecionados após cálculos

Uso	Descrição do material e dimensões (diâmetro x comprimento)
Linha principal	Tubo cego Pebd (16 mm x 13 m)
Linha de derivação	Tubo cego Pebd (16 mm x 21 m)
Linha lateral (micro gotejamento)	Tubo com micro gotejador integrado não compensante plano com vazão nominal de 1,6 L/h e espaçamento 0,2 m (16 mm x 169 m)

Fonte: autores.

3.2. Automação

A automaização foi desenvolvida para aprimorar o gerenciamento da irrigação dos canteiros, começando pela segurança: a energia fornecida pela infraestrutura da escola é distribuída através de um painel equipado com disjuntores e dispositivo DR. Este painel também conta com fontes de alimentação de 5V e 12V, responsáveis por energizar os circuitos, sensores e válvulas do sistema. O projeto se divide em três subsistemas principais, ilustrados na Figura 3: a Caixa de Alimentação Principal (QVCA), a Caixa de Controle (QVCC) e a Caixa de Dispositivos Hidráulicos (QVH). A QVCA supre a QVCC, que, por sua vez, gerencia de forma automatizada a operação das válvulas na QVH, possibilitando ajustes específicos para cada canteiro conforme necessário. Em situações de interrupção no fornecimento de energia ou manutenção do sistema eletrônico, é possível ativar um sistema de *bypass*, com válvulas manuais para cada canteiro, assegurando que a irrigação possa continuar de forma manual. Os

componentes selecionados para essa configuração são listados de maneira resumida na Tabela 5, evidenciando a estrutura modular e flexível do sistema proposto.

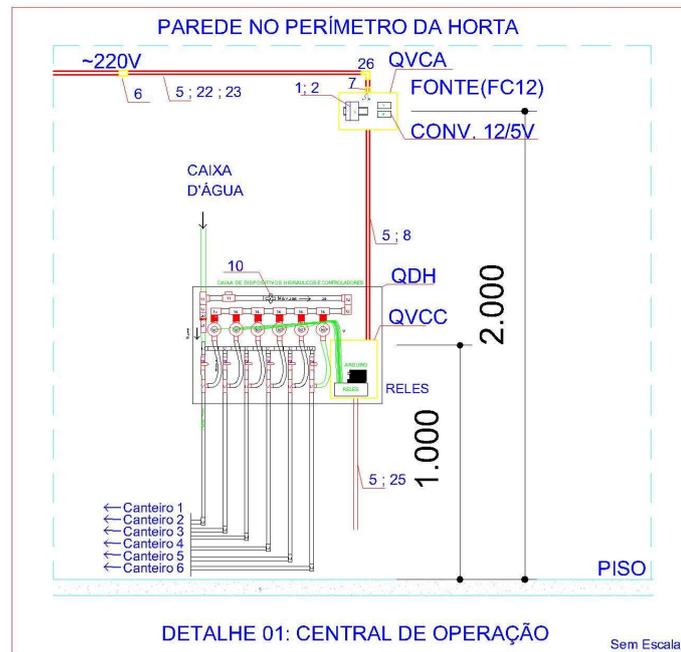


Figura 3: Esquemático da proposta de automação. Fonte: autores.

Tabela 5: Lista simplificada de materiais selecionados para a automação.

Aplicação	Descrição do material selecionado
Microcontrolador	Arduino UNO
Proteção do sistema elétrico e usuário	Interruptor DR Bipolar 30Ma 25A 230Vca
Proteção do sistema elétrico	Disjuntor 1P10A
Converter corrente alternada para contínua	Fonte Chaveada 12V
Sensor de umidade no solo	Sensor capacitivo de umidade 5V para Arduino
Válvula	Válvula Solenoide 12V NF

Fonte: autores.

4. Discussão

A transição das fitas e aspersores para um sistema de micro gotejamento representa uma estratégia eficiente para reduzir o desperdício de água e aumentar a produtividade da horta. Esta mudança introduz um sistema automatizado capaz de fornecer informações em tempo real sobre as condições do solo e a umidade nas proximidades das raízes das plantas. Isso reduz as imprecisões associadas a métodos baseados em estimativas de evapotranspiração, que podem variar com as mudanças climáticas, e a capacidade de absorção do solo, que também pode ser afetada por fatores como compactação e alterações nas suas propriedades. Tal avanço contribui para a sustentabilidade ambiental através da redução do consumo de água e beneficia a escola ao incrementar a produção de hortaliças para o consumo dos estudantes. Optar pelo uso de aspersores, ignorando o potencial desperdício causado pela dispersão de água fora da área de cultivo, representaria um aumento de 28,5% no consumo de água, segundo a Embrapa [13].

A transição mencionada possibilita também uma abordagem de ensino holístico e integrador, permitindo que os próprios estudantes do fundamental, já envolvidos no manejo e cultivo, vão poder ir além, abarcando uma perspectiva nova, voltada à sustentabilidade na produção alimentar em contextos comunitários. Esta experiência diferenciada combina o uso da tecnologia envolvendo automatização e programação de microcontroladores, com práticas de cultivo sustentáveis, criando um ambiente educacional único que fomenta a inovação e a responsabilidade ambiental. Alinhado às diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [18], este enfoque promove uma educação que prepara os alunos para enfrentar os desafios contemporâneos, equipando-os com conhecimento, habilidades e valores necessários para uma participação ativa e consciente na sociedade.

Um aspecto a considerar é a falta de precisão no cálculo das perdas de carga. Essa imprecisão decorre da ausência de dados específicos sobre as perdas de carga distribuídas nos tubos cegos, bem como das perdas localizadas nos gotejadores e conexões. Uma análise detalhada das especificações técnicas dos tubos revelou que, mantendo uma pressão de entrada conforme o recomendado pelo fabricante, o sistema pode ser empregado em escala reduzida de forma segura. Assim, o limite de até 100 m comprimento é considerado adequado para o cálculo de perdas de carga e variações na vazão de cada gotejador, assegurando a eficácia do sistema de irrigação proposto sem comprometer seu desempenho [17].

5. Considerações Finais

O projeto de implementação do sistema automatizado de irrigação da horta escolar apresentado, significa uma oportunidade rica de aprendizagem tanto de estudantes de graduação em engenharia quanto de alunos do ensino fundamental. Esse projeto transcende a simples aquisição de conhecimentos técnicos, promovendo uma série de benefícios educacionais e de desenvolvimento pessoal para ambos os grupos, além de incentivar os professores da escola a incluírem sustentabilidade, tecnologia e educação ambiental no currículo dos alunos.

Para os estudantes de graduação em engenharia, o projeto serve como uma plataforma prática para aplicar e expandir seus conhecimentos teóricos em um contexto real de resolução de problemas. Eles ganham experiência direta no projeto, dimensionamento e implementação de sistemas de irrigação, além de desenvolverem habilidades em automação e programação de microcontroladores. Além disso, a abordagem de aprendizagem baseada em problemas (PBL) estimula o desenvolvimento de competências essenciais, como trabalho em equipe, pensamento crítico, e capacidade de inovação. Essas habilidades são importantes para a formação de engenheiros aptos a contribuir para a solução dos desafios contemporâneos, especialmente aqueles relacionados à sustentabilidade e à eficiência dos recursos.

Para os alunos do ensino fundamental, o envolvimento no projeto oferece uma introdução aos princípios da sustentabilidade e da ciência ambiental. Ao participar ativamente no manejo da horta e na observação do sistema de irrigação em ação, os alunos aprendem sobre o ciclo da água, a importância da conservação dos recursos hídricos e os fundamentos da produção sustentável de alimentos. Este aprendizado prático é complementado pela oportunidade de interagir com tecnologias de automação, despertando o interesse por áreas STEM (ciência, tecnologia, engenharia e matemática) e potencialmente inspirando futuras carreiras nessas disciplinas. Além disso, o projeto promove valores de responsabilidade ambiental e social, ao encorajar os estudantes a considerarem como suas ações impactam o mundo ao seu redor.

Por fim, cabe ainda melhorias em projetos futuros, como: irrigação com água de reuso; implementação de captação de energia sustentável para alimentação dos componentes elétricos

e eletrônicos. E, para escalabilidade do projeto é necessário investir na pesquisa e nos cálculos de perda de carga para melhor dimensionar o sistema.

Referências

- [1] UNESCO. (s.d.) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 13 nov. 2023.
- [2] UNESCO. (2017). Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Objetivos de Aprendizagem. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252197>. Acesso em 30/03/2024.
- [3] UNESCO INTERNATIONAL CENTRE FOR ENGINEERING EDUCATION. Engenharia para o desenvolvimento sustentável: resumo. 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375634_por.locale=en>
- [4] UNESCO. (s.d.). Education for Sustainable Development. <https://en.unesco.org/themes/education-sustainable-development>
- [5] MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Resolução N° 2, de 24 de Abril de 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolu%C3%87%C3%83o-n%C2%BA-2-de-24-de-abril-de-2019-85344528>
- [6] Cribb, Sandra L. de S. P. Educação Ambiental através da horta escolar: algumas possibilidades. Educação Ambiental em Ação. Disponível em: <https://revistaea.org/artigo.php?idartigo=2984>. Acesso em: 30/03/2024.
- [7] Ribeiro, M. M. A.; Valle Junior, O.; Martins, C. P. (2022). Hortomação: Sistema de Automação em horta utilizando IOT em parceria com escola estadual. V Simpósio de Tecnologia da FATEC Jales. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/11454?locale=pt_BR. Acesso em: 30/03/2024.
- [8] Pacheco, R. S. et al. (2020). Horta escolar: Incentivo ao cultivo e prática sustentável no ensino de Química. Anais do 39° Encontro de Debates sobre o Ensino de Química: alfabetizar em Química: os desafios da era moderna e 1° Encontro do Mestrado Profissional em Química da Região Sul, 24 a 25 de outubro de 2019, Lajeado, RS / Eniz Conceição Oliveira et al. (Org.) – Lajeado : Editora Univates, 2020.
- [9] SAVIN-BADEN, M.; HOWELL, M. C. Foundations of problem-based learning. New York: McGraw-Hill Education, 2004.
- [10] GRAAFF, E.; KOLMOS, A. Management of change: implementation of problem-based and project-based learning in engineering, Netherlands: Sense Publishers, 2007.
- [11] VILLAS-BOAS, V.; MARTINS, J. A.; GIOVANNINI, O.; SAUER, L. Z., BOOTH, I. A. S. (Org.). Aprendizagem baseada em problemas: estudantes de ensino médio atuando em contextos de ciência e tecnologia. 1ed. Brasília: ABENGE, 2016.
- [12] RIBEIRO, L. R. C; MIZUKAMI, M. G. N. Uma implementação da aprendizagem baseada em problemas (PBL) na pós-graduação em Engenharia sob a ótica dos alunos. Semina: Ciências Sociais e Humanas. Londrina, v. 25, p. 89-102, 2004.
- [13] MAROUELLI, W. A.; DE C. E SILVA, W. L. Circular Técnica 98, Seleção de Sistemas de Irrigação. ISSN 1415-3033.

[14] DE ALBUQUERQUE, P. E. P. Circular Técnica 136, Estratégias de Manejo de Irrigação: Exemplos de Cálculo. ISSN 1518-4269.

[15] InfoClima. Disponível em: <<https://www.cnpaf.embrapa.br/infoclima/>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

[16] DOS SANTOS, C. R. Irrigação de Hortaliças. [s.l: s.n.].

[17] Streamline™ X. Disponível em: <<https://www.netafim.com/en/products-and-solutions/product-offering/drip-irrigation-pr>> . Acesso em: 27 nov. 2023.

[18] Diretrizes curriculares nacionais da educação básica. [s.l: s.n.].