

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (ABP) NO CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Vinícius Augusto da Silva, Emanuel D'Lucas Cruz da Silva Campos, Emanuel Tarssis Monteiro, Felipe Siqueira Rosa, Gustavo Café Terhorst, João Victor Amorim dos Santos, Josué Giovanuci Espíndola Mota, Marcos Vinicius Moraes Cordeiro, Murillo Faria Gamba Ferreira, Rodrigo Pompilio Leite, Tiago Costa Steckler.



<https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n7p5-24>

Artigo recebido em 1 de Julho e publicado em 1 de Setembro de 2026

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

A formação em engenharia demanda abordagens práticas que complementem o ensino teórico e preparem o estudante para desafios reais. Este artigo relata a aplicação da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) na disciplina de Projeto Integrador do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). O objetivo central foi o desenvolvimento de um protótipo funcional de um Sistema Automatizado de Gestão de Armazenagem (SAGA), integrando um Veículo Guiado Automaticamente (AGV), um transelevador e uma Interface Homem-Máquina (IHM) *web*. A execução do projeto exigiu a articulação de conhecimentos em modelagem CAD, manufatura aditiva (impressão 3D), eletrônica embarcada e programação. Os resultados demonstraram o êxito do transelevador na movimentação verticalizada, a eficácia do gerenciamento remoto via IHM e a validação das lógicas de navegação do AGV, superando desafios práticos de manufatura, restrições orçamentárias e oscilações de *hardware*. Conclui-se que a ABP proporcionou uma experiência autêntica de integração multidisciplinar, estimulando a resolução de problemas, o trabalho em equipe e a visão sistêmica, capacitando os discentes para as demandas dinâmicas da automação industrial.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Projetos; Automação Industrial; Transelevador; Veículo Guiado Automaticamente; Integração de Sistemas.



ABSTRACT

Engineering education demands practical approaches that complement theoretical teaching and prepare students for real-world challenges. This article reports on the application of the Project-Based Learning (PBL) methodology in the Integrative Project course of the Control and Automation Engineering program at the Federal University of Mato Grosso (UFMT). The main objective was to develop a functional prototype of an Automated Storage Management System (SAGA), integrating an Automated Guided Vehicle (AGV), a stacker crane, and a web-based Human-Machine Interface (HMI). The project's execution required the articulation of knowledge in CAD modeling, additive manufacturing (3D printing), embedded electronics, and programming. The results demonstrated the success of the stacker crane in vertical movement, the effectiveness of remote management via HMI, and the validation of the AGV's navigation logic, overcoming practical manufacturing challenges, budget constraints, and hardware fluctuations. It is concluded that PBL provided an authentic experience of multidisciplinary integration, stimulating problem-solving, teamwork, and systemic vision, empowering students for the dynamic demands of industrial automation.

Keywords: Project-Based Learning; Industrial Automation; Stacker Crane; Automated Guided Vehicle; Systems Integration.

Instituição afiliada – Faculdade de Engenharia – UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO (UFMT)

Autores correspondentes:

Vinícius Augusto da Silva

E-mail: vinicius.silva13@ufmt.br

Mestre em Engenharia de Materiais

Felipe Siqueira Rosa

E-mail: felipe.rosa3@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Emanuel D'Lucas Cruz da Silva Campos

E-mail: emanuel.campos@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Emanuel Tarssis Monteiro

E-mail: emanuel.mata@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Gustavo Café Terhorst

E-mail: gustavo.terhorst@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

João Victor Amorim dos Santos

E-mail: joao.santos16@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Josué Giovanuci Espíndola Mota

E-mail: josue.mota@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Marcos Vinicius Moraes Cordeiro

E-mail: marcos.cordeiro@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Murillo Faria Gamba Ferreira

E-mail: murillo.ferreira@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Rodrigo Pompilio Leite

E-mail: rodrigo.leite1@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

Tiago Costa Steckler

E-mail: tiago.steckler@sou.ufmt.br

Graduando em Engenharia de Controle e Automação

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1 INTRODUÇÃO

A formação em engenharia exige o desenvolvimento de competências que vão além da sala de aula convencional. Em muitos cenários da educação atual, o modelo pedagógico ainda se concentra em uma dinâmica na qual o professor é o transmissor central do conteúdo e os alunos atuam como receptores passivos, focados em escutar e absorver. De acordo com Silva et al. (2013), quando o ensino se baseia estritamente nessas aulas teóricas e em exercícios tutoriais, ele pode apresentar limitações na hora de preparar plenamente o estudante para o enfrentamento de problemas práticos e desafios imprevisíveis. Segundo Masson et al. (2012), na engenharia, a necessidade constante de inovação e resolução de problemas complexos faz com que a mera reprodução de informações de terceiros restrinja o desenvolvimento do senso crítico. Evidencia-se, assim, a importância de abordagens que exijam a aplicação prática dos conceitos. Nesse cenário, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) surge como uma evolução metodológica necessária. Teixeira (2023) afirma que a ABP é uma abordagem educacional que envolve os alunos em projetos autênticos e significativos para promover a aprendizagem ativa e o desenvolvimento de habilidades práticas, preparando-os de forma robusta para as demandas do mercado.

Nessa mesma perspectiva, a literatura especializada reforça que a ABP propicia uma aprendizagem na qual o aluno é agente na produção do seu próprio conhecimento. Em vez de o professor atuar de forma impositiva — simplesmente entregando um roteiro fechado e instruindo totalmente a confecção de um produto pré-determinado —, ele assume o papel de mediador e orientador no processo de investigação. A metodologia exige a colaboração e a integração curricular, apresentando vantagens expressivas, uma vez que Oliveira, Siqueira e Romão (2020) ressaltam que, ao trabalharem em problemas reais, os estudantes se tornam mais engajados, motivados e responsáveis por sua própria aprendizagem.

Um dos pilares fundamentais da ABP é o poder de decisão dos discentes sobre o seu próprio aprendizado, o que reflete diretamente na condução inicial das atividades. Em vez de executar ordens de um manual, a equipe é submetida a processos de brainstorming e discussões conjuntas para analisar alternativas e definir qual problema será atacado desde a fase de ideação. Conforme apontam Borochovcicius e Tassoni (2021), a aprendizagem colaborativa incentiva os alunos a compartilhar ideias, debater e tomar decisões conjuntas, promovendo habilidades essenciais de comunicação e cooperação para o trabalho em equipe.

Para que essa autonomia se converta em resultados concretos, a implementação da ABP exige uma condução estruturada em etapas lógicas e interdependentes. Conforme o modelo metodológico aplicado por Costa e Silva (2019), o ciclo de desenvolvimento inicia-se com a definição do problema central e o mapeamento dos requisitos técnicos que o sistema deverá cumprir. Com o escopo estabelecido, avança-se para a divisão de tarefas, momento em que as equipes são formadas e as responsabilidades por cada

subsistema do projeto são claramente delegadas. Em seguida, a fase de revisão e planejamento exige que os alunos realizem pesquisas autônomas, estruturem o cronograma e selecionem os componentes e ferramentas necessárias para a execução.

A partir dessa base de planejamento, o projeto entra na fase prática de prototipagem e testes de bancada. Nesse estágio, ocorre a construção inicial e a validação lógica isolada, garantindo a viabilidade dos recursos escolhidos antes de prosseguir. Superada essa validação, as equipes realizam a montagem e a integração, unindo estrutural e tecnicamente todos os subsistemas em um único ambiente. O ciclo culmina na avaliação de resultados, que abrange não apenas os testes finais do sistema completo, mas também uma apresentação reflexiva. Essa exposição final é essencial para que os discentes detalhem o roteiro técnico, as soluções desenvolvidas e as adversidades superadas ao longo de toda a jornada.

No contexto específico do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), a disciplina de Projeto Integrador (PI), alocada estrategicamente no oitavo semestre, atua como o ambiente ideal para a aplicação da ABP. Fernandes, Flores e Lima (2010) demonstraram que os pontos relevantes de projetos interdisciplinares, como os aplicados no ensino de engenharia, se encaixam perfeitamente na abordagem da ABP, pois estimulam uma compreensão ampla dos conteúdos e desenvolvem habilidades de pensamento crítico. O objetivo primário de PI é englobar e exigir a aplicação do máximo de conhecimentos técnicos cursados ao longo da graduação, permitindo que os alunos percebam as interconexões entre diferentes áreas de estudo e enriqueçam sua visão holística.

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo principal apresentar e relatar a aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) como método de ensino para o desenvolvimento da disciplina de Projeto Integrador. O estudo baseia-se na experiência vivenciada no curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), demonstrando como essa abordagem metodológica viabiliza a integração de conhecimentos e o protagonismo dos discentes frente aos desafios práticos da área.

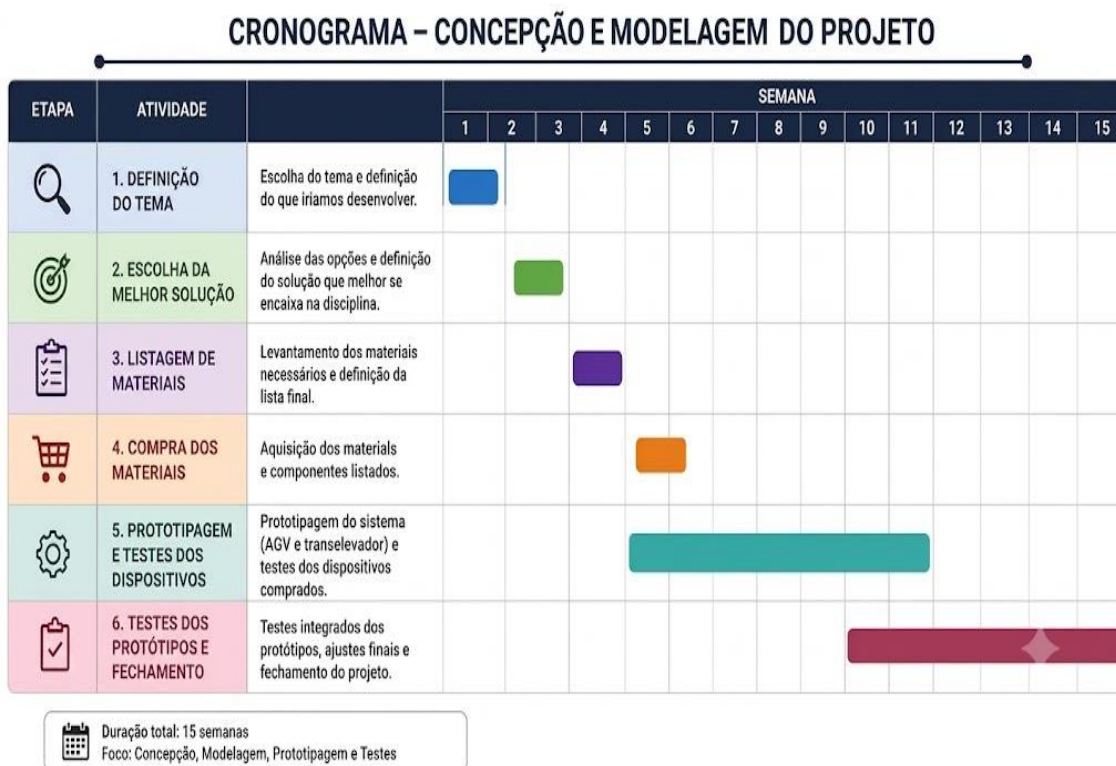
2 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste projeto foi conduzido ao longo de um semestre letivo, por meio da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), na qual os alunos foram incentivados a propor soluções para problemas reais relacionados à área de Controle e Automação. Essa abordagem metodológica prioriza o protagonismo dos discentes, permitindo que os estudantes participem ativamente de todas as etapas do processo, desde a identificação do problema até a concepção, implementação e validação do projeto.

A execução das atividades ao longo da disciplina seguiu um cronograma estruturado, fundamentado nos princípios da ABP. As etapas envolveram a identificação do problema, a discussão e definição da proposta, o levantamento dos recursos necessários, a divisão das equipes de trabalho, o desenvolvimento dos subsistemas, a integração dos componentes e a validação do protótipo final.

A Figura 1 apresenta o cronograma adotado durante a execução do projeto, evidenciando as principais fases percorridas pela equipe ao longo do semestre.

Figura 1- Cronograma do projeto



Fonte: Autores, 2026

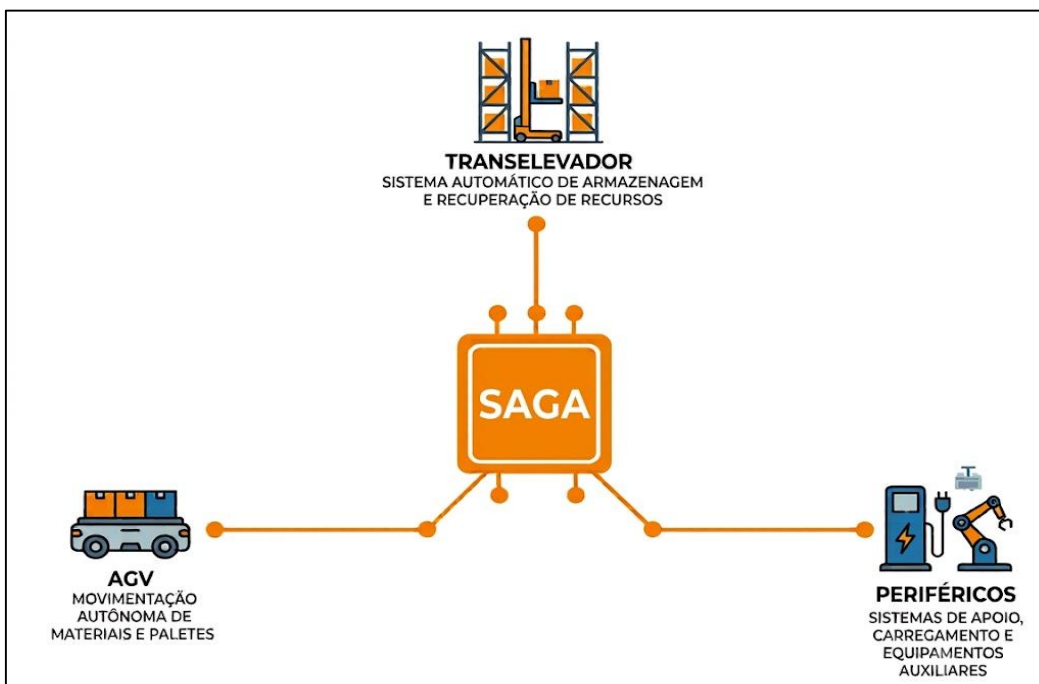
A partir da definição da proposta, foram estabelecidos os requisitos funcionais e operacionais do sistema, bem como a arquitetura geral da solução. Seguindo os princípios da Aprendizagem Baseada em Projetos, a equipe realizou a análise das alternativas de implementação e definiu as técnicas a serem utilizadas, além da organização das atividades entre os integrantes. Essas definições serviram como base para o desenvolvimento das etapas posteriores do projeto, incluindo modelagem, construção, integração e validação do protótipo.

A equipe, composta por dez alunos, foi organizada de forma a garantir o desenvolvimento integrado de todas as etapas do projeto. Logo após, os integrantes foram distribuídos em células de trabalho dentro de cada grupo, sendo que cada membro escolheu sua função de acordo com sua maior afinidade e interesse pelas áreas envolvidas. Essa estratégia reforçou o desenvolvimento dos alunos no processo de aprendizagem e favoreceu uma participação mais ativa e qualificada das soluções

propostas, além de contribuir para a melhor organização das tarefas e integração dos resultados ao longo do projeto.

A Figura 2 ilustra como foi desenvolvida esta divisão em três grandes grupos de atividades: Transelevador, AGV e periféricos.

Figura 2- Divisão das equipes.



Fonte: Autores, 2026

Após a definição das equipes de trabalho, foi realizado o levantamento dos materiais, componentes e recursos necessários para a execução de cada etapa do projeto. Essa atividade teve como objetivo identificar as necessidades específicas de cada grupo, permitindo o planejamento adequado das atividades entre os diferentes subgrupos desenvolvidos. A divisão modular permitiu o desenvolvimento paralelo dos subsistemas, reduzindo dependências entre atividades e facilitando a integração posterior.

O primeiro grupo foi responsável pelo desenvolvimento do Veículo Guiado Automaticamente, um equipamento utilizado para realizar o transporte autônomo de materiais em ambientes industriais. As atividades desse grupo envolveram a modelagem da estrutura do veículo, a seleção dos componentes eletrônicos necessários e o desenvolvimento da lógica de programação responsável pela navegação, definição da trajetória e integração do AGV com os demais subsistemas do projeto.

O segundo grupo ficou encarregado do desenvolvimento do transelevador, equipamento utilizado em sistemas automatizados de armazenagem para movimentar e posicionar cargas em diferentes níveis de estantes ou estruturas de armazenamento.

Além da modelagem mecânica da estrutura, foram realizadas as etapas de projeto elétrico, definição e dimensionamento dos componentes utilizados, bem como o desenvolvimento da programação responsável pela movimentação, posicionamento e armazenamento das caixas no sistema automatizado.

O terceiro grupo foi responsável pelos periféricos e estruturas complementares do projeto, incluindo as estruturas de armazenamento, suportes e demais componentes necessários para a integração entre o AGV e o transelevador. As atividades desse grupo concentraram-se principalmente na modelagem tridimensional dos componentes e na adequação mecânica do sistema como um todo.

Todas as modelagens foram desenvolvidas no software CAD Fusion 360, pois, além de possuir licença educacional, os alunos já possuíam afinidade com a ferramenta, o que facilitou o desenvolvimento do projeto. Após a conclusão das etapas de modelagem, os componentes desenvolvidos pelos três grupos foram fabricados por meio de impressão 3D, possibilitando a construção dos protótipos físicos e a futura integração dos subgrupos para a realização de testes e validação do funcionamento do projeto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Formulação do projeto: brainstorming e concepção inicial

A etapa inicial do projeto foi caracterizada pela realização de discussões coletivas e sessões de brainstorming entre os integrantes da disciplina. Nesse momento, foram levantadas diferentes possibilidades de aplicação dos conhecimentos desenvolvidos ao longo do curso de Engenharia de Controle e Automação. As propostas foram analisadas considerando critérios como viabilidade de execução durante o semestre letivo, disponibilidade de materiais, custo de implementação, possibilidade de integração entre diferentes áreas da engenharia e aplicabilidade prática da solução.

Entre as alternativas discutidas, optou-se pelo desenvolvimento de um sistema automatizado de armazenamento, posteriormente denominado SAGA, que se trata das iniciais do projeto escolhido, o Sistema Automatizado de Gestão de Armazenagem. A proposta consistiu na integração entre um veículo guiado automaticamente, denominado AGV, e um transelevador responsável pelo posicionamento e pela retirada de cargas nas estruturas de armazenamento.

A escolha desta configuração ocorreu principalmente pela possibilidade de integrar conhecimentos relacionados à programação, sistemas embarcados, sensores, acionamentos elétricos, controle de movimento, modelagem tridimensional, fabricação de peças e integração de sistemas. Dessa forma, o projeto permitiu a participação de alunos com diferentes afinidades técnicas, mantendo, ao mesmo tempo, a necessidade de comunicação entre todos os grupos.

Na concepção inicial, foi estabelecido que o AGV seria responsável pelo deslocamento das cargas entre os pontos definidos no sistema, enquanto o transelevador realizaria sua movimentação vertical e horizontal para armazenamento ou retirada. Os primeiros esboços representaram a disposição geral dos equipamentos, os locais de transferência das caixas e a organização da estrutura de armazenamento.

A configuração proposta buscou representar, em escala reduzida, processos encontrados em sistemas logísticos automatizados. Embora o protótipo não tenha sido desenvolvido para aplicação industrial direta, sua estrutura possibilitou a demonstração de princípios relacionados ao transporte autônomo, posicionamento de cargas, sincronização entre equipamentos e automação de processos de armazenamento.

A fase de ideação também evidenciou uma das características centrais da Aprendizagem Baseada em Projetos, uma vez que a definição da solução não foi apresentada previamente por meio de um roteiro fechado. A equipe precisou avaliar alternativas, discutir limitações e selecionar coletivamente o sistema que seria desenvolvido. Esse processo contribuiu para o exercício da tomada de decisão, da comunicação e da resolução conjunta de problemas.

3.2 Definição do tema e do escopo do projeto

Após a escolha do sistema de armazenamento automatizado, foi realizada a delimitação do problema e do escopo do projeto. O problema central definido pela equipe consistiu no desenvolvimento de uma solução capaz de transportar, movimentar e armazenar cargas de forma automatizada, por meio da integração entre diferentes subsistemas.

A partir dessa definição, o objetivo geral do projeto foi estabelecido como o desenvolvimento de um protótipo funcional de armazenamento automatizado, composto por um AGV, um transelevador e estruturas periféricas. De forma complementar, foram definidos objetivos específicos relacionados à construção mecânica dos equipamentos, ao desenvolvimento dos circuitos elétricos, à programação dos movimentos e à integração dos subsistemas.

O escopo foi delimitado à construção de um protótipo em escala reduzida, considerando as limitações de tempo, orçamento, espaço físico e disponibilidade de componentes. O sistema deveria ser capaz de realizar, pelo menos, as seguintes operações.

- 1- Pegar a carga e deixar no lugar determinado de descarga.
- 2- Verificar se tem carga para fazer a busca.
- 3- Identificar a trajetória do sistema.
- 4- Transferir a carga para o transelevador.
- 5- O transelevador precisa armazená-la e retirá-la.

Conforme descrito na metodologia, o desenvolvimento do SAGA foi organizado em três frentes o AGV, transelevador e periféricos. Essa divisão permitiu a execução simultânea das atividades e favoreceu o protagonismo dos integrantes de acordo com suas afinidades técnicas.

Entretanto, ao longo do desenvolvimento, observou-se que a divisão em subsistemas também exigiu uma comunicação constante entre as equipes. Como cada grupo desenvolvia componentes que posteriormente seriam integrados, tornou-se necessária a definição conjunta de dimensões, pontos de transferência, conexões elétricas, formas de comunicação e condições de funcionamento.

Em alguns momentos, decisões tomadas isoladamente resultaram em incompatibilidades mecânicas ou operacionais, exigindo ajustes nos modelos e nos componentes desenvolvidos. Dessa forma, verificou-se que o funcionamento adequado do sistema não dependia apenas do desempenho individual do AGV, do transelevador ou dos periféricos, mas principalmente da conexão entre eles.

Esse resultado mostra a importância da comunicação e do planejamento integrado em projetos multidisciplinares. Além disso, a necessidade de negociar soluções e realizar adaptações entre os grupos contribuiu para o desenvolvimento de competências relacionadas ao trabalho em equipe, à tomada de decisão e à resolução colaborativa de problemas.

3.3 Aquisição de materiais

Com o escopo do projeto definido, foi realizado o levantamento dos materiais necessários para a construção do protótipo. A seleção considerou critérios como compatibilidade com o sistema, disponibilidade, custo, facilidade de aquisição e adequação ao prazo de desenvolvimento da disciplina, uma vez que a disciplina possui duração de apenas um semestre letivo, o que dificulta o processo de aquisição de materiais, sendo inviável fazer a requisição de materiais importados.

Durante esse processo, algumas escolhas precisaram ser ajustadas devido às limitações de orçamento e ao tempo de chegada dos componentes. A relação dos principais materiais e componentes utilizados no desenvolvimento do SAGA é apresentada na Figura 3.

Figura 3- Lista de materiais utilizados no projeto

AGV		TRANSELEVADOR	
1	Arduino Uno	1	Driver a4988
2	Sensor Óptico Reflexivo TCRT 5000	2	Chave fim de curso
3	Ponte H dupla L298N - Motor de Passo	3	Servo motor MG996R
4	Placa de fenolite 5x10	4	Módulo Step-Down LM2596
5	Suporte para quatro Baterias 18650	5	Fonte chaveada 12v 10A
6	Resistor de 220 ohms	6	Conversor lógico bidirecional
7	Resistor de 10k ohms	7	Adesivo Nfc Ntag 215 - 13.56mhz 504 Bytes
8	Par de motor Motor Dc 3-6V	8	Módulo Rfid Mfrc522 Rc522 13,56mhz
9	Micro Servo 9g SG90	9	ESP 32
10	Módulo wifi ESP 8266	10	Borne conector KRE 4 Vias 5,08mm
11	Adaptador USB para módulo	11	50 peças resistor 10k
12	Led emissor infra vermelho	12	Kit jumper 60 peças
13	Led receptor infra vermelho	13	Cabo mang 4x22awg 10 metros
14	Jumpers fêmea-fêmea	14	Cabo motor nema 17 1metro
15	Jumpers macho-macho	15	Fita led 12v 1metro
16	ESP 8266	16	Módulo Rfid Mfrc522 Rc522 13,56mhz
17	Confecção da PCI	17	Sensor infravermelho reflexivo
18	Impressão do Chassi	18	Adesivo envelopamento branco fosco
19	Pilha 9V Elgin	19	NEMA17
20	Impressão de demais Componentes do AGV	20	Placa de Fenolite 10x10
		21	Barra de pinos Femea 40 furos

Fonte: Autores, 2026

A lista de materiais foi organizada em uma planilha eletrônica, com o objetivo de facilitar o controle dos componentes adquiridos e utilizados durante o desenvolvimento do projeto. Os itens foram separados de acordo com cada subsistema, sendo classificados entre os materiais destinados ao AGV e ao transelevador. Além disso, foram registrados os valores, as quantidades e os respectivos prazos de entrega.

Parte dos materiais necessários estava disponível no comércio local, enquanto alguns componentes mais específicos precisaram ser adquiridos de fornecedores de outras localidades. Nesses casos, foram priorizadas opções que apresentassem menor prazo de entrega e custo compatível com o orçamento do projeto, buscando evitar atrasos no cronograma. Dessa forma, cada subgrupo ficou responsável por organizar e acompanhar a relação dos materiais utilizados em seu respectivo sistema.

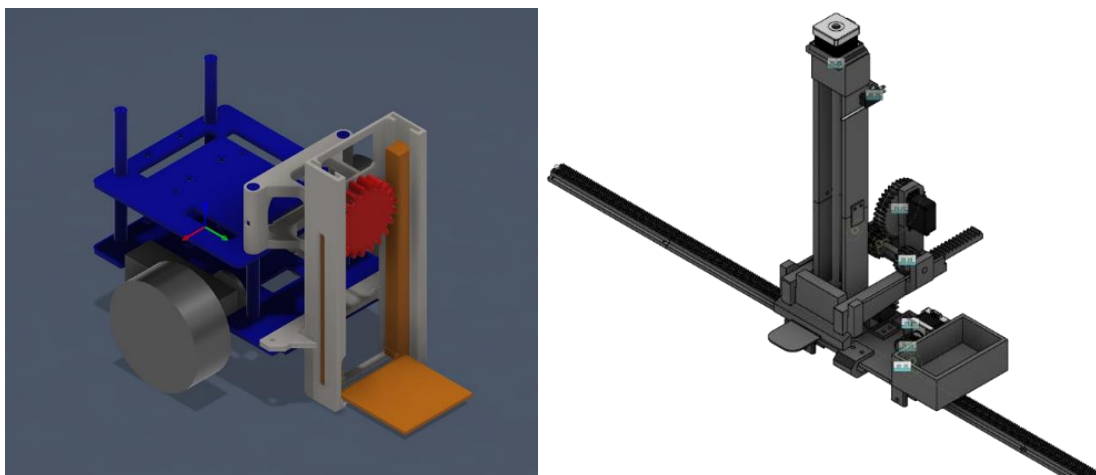
Dentre os principais componentes utilizados destacam-se as placas Arduino e ESP32, além dos sensores empregados no funcionamento do protótipo. Outro material também amplamente utilizado no projeto foi o filamento de PLA dado que aproximadamente 95% das peças que compõem o projeto foram fabricadas por meio de impressão 3D. Essa forma de fabricação foi essencial para a produção de estruturas, suportes e encaixes personalizados, além de permitir ajustes durante o desenvolvimento do SAGA.

3.4 Prototipagem

Antes da chegada dos equipamentos e componentes adquiridos para o projeto, iniciou-se a etapa de modelagem dos subsistemas propostos. Essa atividade permitiu o desenvolvimento da estrutura mecânica do AGV, do transelevador e dos demais componentes no software CAD Fusion 360, possibilitando antecipar a fabricação das peças e otimizar o cronograma de desenvolvimento.

A Figura 4 apresenta imagens da fase de prototipagem tanto do AGV quanto do Transelevador.

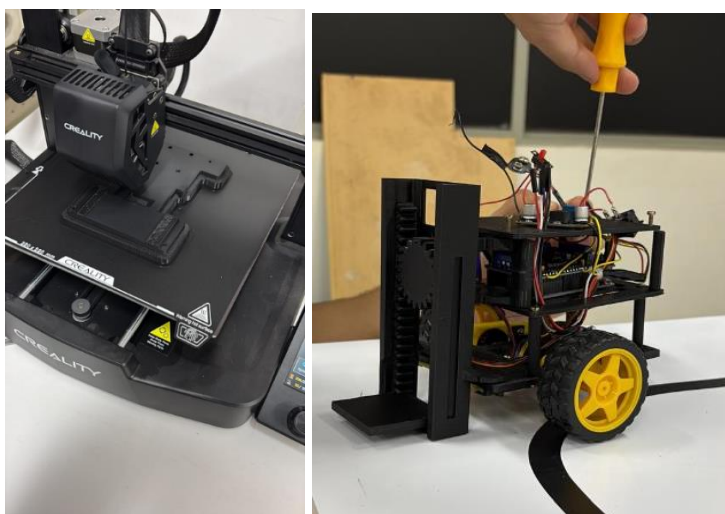
Figura 4- Prototipagem do AGV e transelevador



Fonte: Autores, 2026

Em razão das dimensões dos componentes, a impressão 3D foi realizada em diversas partes, que posteriormente foram unidas para compor os modelos finais dos três subsistemas do projeto: o AGV, o transelevador e a estrutura de armazenamento. A Figura 5 apresenta imagens da fase de impressão 3D e montagem das peças ao longo do desenvolvimento do projeto.

Figura 5- Impressão 3D e montagem de componentes

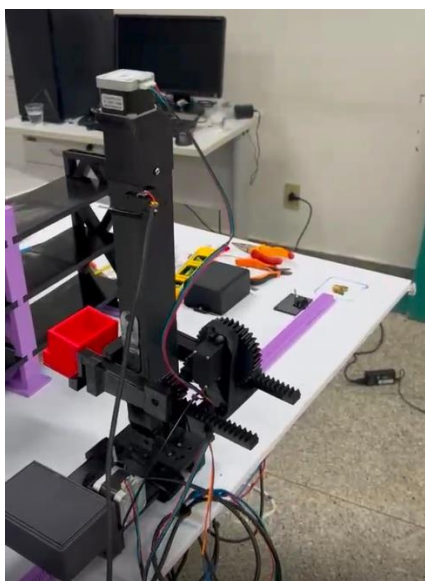


Fonte: Autores, 2026

3.5 Montagens dos componentes e integração de sistemas

A implementação do projeto SAGA permitiu avaliar o desempenho prático de um sistema de intralogística, evidenciando tanto os êxitos funcionais quanto às limitações físicas do protótipo. O transelevador apresentado na Figura 6 atendeu aos requisitos estabelecidos para a sua operação.

Figura 6- Transelevador finalizado

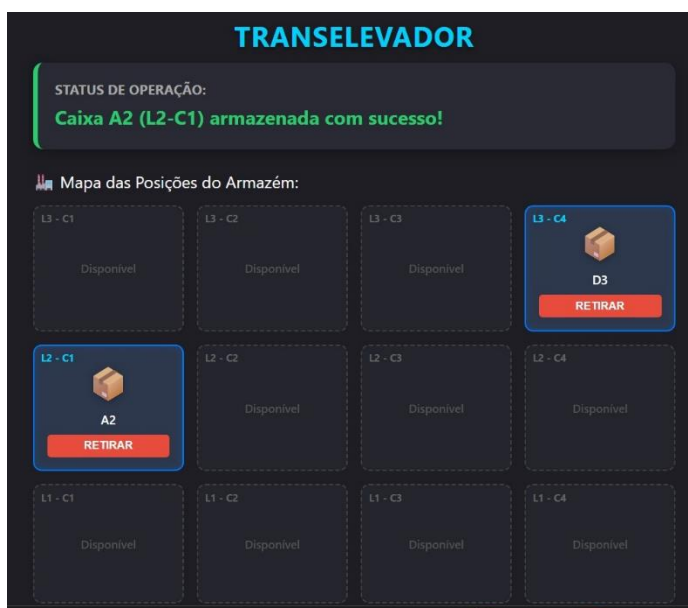


Fonte: Autores, 2026

O mecanismo demonstrou eficácia ao identificar e recolher as cargas, realizar a leitura precisa das tags RFID e alocar as caixas nas posições corretas da estrutura de armazenamento. Durante os testes práticos, observou-se uma trepidação mecânica inerente à movimentação dos eixos. Contudo, essa peculiaridade foi contornada de maneira satisfatória com a adição de contrapesos, o que garantiu a estabilidade estrutural necessária para o cumprimento de suas funções de forma adequada.

Para solucionar o desafio de controle operacional e gerenciamento lógico do transelevador, foi desenvolvida e implementada uma Interface Homem-Máquina (IHM) com arquitetura baseada em rede, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7- Interface da IHM web



Fonte: Autores, 2026

Acessível via *internet* através de uma página *web*, a interface foi estruturada em HTML e dinamizada por meio de JavaScript (AJAX). A integração com o *hardware* do sistema foi viabilizada por um microcontrolador ESP32, cuja comunicação de dados com a interface ocorre de forma assíncrona via AJAX. Essa aplicação estruturada apresentou-se como a solução para a interação direta e remota com o sistema de armazenamento, preenchendo a necessidade de comunicação clara no processo de tomada de decisão.

Por meio desse ambiente virtual, tornou-se possível monitorar o inventário em tempo real, verificando a disponibilidade e a presença de caixas no estoque, além de permitir ao usuário selecionar de maneira precisa qual carga específica o transelevador deveria retirar. Essa integração entre *software web* e sistema embarcado elevou o nível de automação do protótipo, conferindo não apenas maior controle prático e usabilidade operacional, mas também flexibilidade de acesso descentralizado ao projeto SAGA.

O AGV conforme mostrado na Figura 8 atua de maneira autônoma, guiado por sensoriamento óptico e seguimento de linha, executando uma lógica de controle sequencial muito bem definida: identifica a presença da caixa, realiza o transporte, efetua a entrega e retorna à posição de origem na ausência de novas cargas.

Figura 8- AGV finalizado



Fonte: Autores, 2026

O veículo cumpriu o escopo proposto, executando sua rotina de transporte e demonstrando que a lógica de programação concebida é funcional. Durante a operação, observou-se que o sistema de seguimento de linha atua corretamente na maior parte do trajeto. Contudo, em ocasiões específicas, o robô apresenta instabilidades na correção da rota. Essas variações pontuais decorrem principalmente de fatores físicos externos, como a interação entre as rodas plásticas e a superfície lisa da bancada, que gera deslizamentos esporádicos. Somado a isso, a oscilação natural na tensão das baterias impacta diretamente a velocidade de resposta do controlador Proporcional-Derivativo (PD). Por conseguinte, constata-se que, embora o algoritmo de controle tenha sido estruturado corretamente, as limitações físicas do protótipo impõem um comportamento operacional intermitente. O AGV é capaz de executar a funcionalidade prevista no sistema SAGA, porém sua repetibilidade e confiabilidade contínua esbarram nas restrições de tração e alimentação, evidenciando na prática que a eficiência de um software de controle é indissociável da robustez mecânica e elétrica de seu conjunto.



**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (ABP) NO
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

Silva et. al.

3.6 Desafios na Execução do Projeto

A materialização de um sistema como o SAGA (Sistema Automático de Gestão de Armazéns) evidenciou o distanciamento natural que existe entre o ambiente de projeto simulado e a realidade física da manufatura e montagem. A literatura aponta que problemas relacionados à gestão do projeto surgem frequentemente em atividades acadêmicas, incluindo dificuldades na delimitação do escopo e na clara definição de requisitos em um nível de abstração adequado para a implementação (Kosloski et al., 2019). Durante o desenvolvimento do Veículo Guiado Automaticamente (AGV) e do transelevador, o principal obstáculo enfrentado pelas equipes consistiu exatamente nessa gestão e na integração fluida entre os subsistemas mecânicos, eletrônicos e de *software*. O clássico paradigma do "planejado versus real" manifestou-se desde as etapas iniciais, exigindo do grupo uma postura contínua de adaptação.

No âmbito da mecânica e da prototipagem, o uso massivo da impressão 3D revelou desafios atrelados às tolerâncias dimensionais. Diversas peças não apresentaram o desempenho estrutural esperado inicialmente, seja por fragilidade ou por dimensionamento inadequado no *software* CAD Fusion 360, o que culminou na necessidade de reimpressões e revisões de projeto. A base do AGV, por exemplo, demandou um tempo de fabricação consideravelmente maior devido ao seu nível de detalhamento, tornando-se um gargalo logístico. Na integração multidisciplinar, é comum que os estudantes encontrem dificuldades em definir projetos que agreguem todo o conhecimento exigido, o que complica a identificação de pontos de intersecção práticos entre as áreas teóricas (Kosloski et al., 2019). O transelevador também impôs barreiras significativas: o mecanismo de movimentação dos eixos Y e Z precisou ser reformulado sucessivas vezes, e o balanceamento físico exigiu a adição empírica de contrapesos para estabilizar a estrutura, atrasando o início das validações lógicas.

Do ponto de vista eletrônico e de *hardware*, a complexidade da manufatura exigiu rigor técnico, o desenvolvimento tecnológico exige maturidade e dedicação, constituindo uma atividade que gera dificuldades naturais de compreensão de conceitos abstratos aplicados à realidade (Severo, 2020). A confecção da Placa de Circuito Impresso (PCI) principal demandou mais de dezesseis horas de soldagem minuciosa, com atenção extrema para evitar curtos-circuitos em trilhas muito próximas. Ocorreram, ainda, falhas no planejamento do dimensionamento de tensões, onde a ausência inicial de barramentos específicos exigiu adequações de última hora para que os sensores operassem corretamente. As equipes precisaram lidar com as adversidades inerentes ao "chão de fábrica", como o rompimento de fios e resistências em cabeamentos superior ao previsto.

A integração de *software* e o controle de malha fechada revelaram limitações financeiras e de processamento. Um dos problemas mais expressivos ocorreu no controle do AGV devido à qualidade das baterias utilizadas. Restrições orçamentárias levaram ao uso de fontes de alimentação de menor custo, o que gerou severas

oscilações de potência durante a operação. O uso de componentes de baixo custo pode ocasionar dificuldades técnicas imprevisíveis, exigindo criatividade extra da equipe de programação para contornar esses problemas de *hardware* via *software* (Costa; Silva, 2019). Como resultado prático, a equipe era forçada a sincronizar o controlador Proporcional-Derivativo (PD) do robô a cada troca de bateria. Paralelamente, o microcontrolador ESP32 sofreu com gargalos ao gerenciar simultaneamente motores, sensores, leitor RFID e comunicação Wi-Fi. A equipe também enfrentou conflitos de *hardware* durante a gravação de *firmware* devido ao acionamento de periféricos conectados aos pinos de *boot*. Trabalhando nesses projetos autênticos, os discentes vivenciaram o aprendizado prático, desenvolvendo a capacidade de lidar com a incerteza e adaptar-se a diferentes situações (Oliveira; Souza; Teixeira, 2023).

A Figura 9 ilustra de forma sintetizada o projeto finalizado composto por todos os equipamentos previstos.

Figura 9- Finalização do Projeto SAGA



Fonte: Autores, 2026

3.7 O potencial da ABP aplicada

A análise dos obstáculos técnicos enfrentados durante a construção do SAGA consolida a premissa de que a ABP é uma metodologia indispensável para a formação em engenharia. A ABP é compreendida como uma abordagem educacional que proporciona

o desenvolvimento de habilidades socioemocionais fundamentais, como empatia, engajamento, autonomia e colaboração em equipe, além de estimular o raciocínio lógico e a resolução de problemas (Pascon; Peres, 2023). Os desafios relatados não representam falhas no processo educacional, mas sim o núcleo desse aprendizado ativo. Caso a disciplina de Projeto Integrador fosse conduzida sob uma ótica tradicional, a supressão das adversidades privaria os alunos da vivência real da profissão.

A exigência de conciliar eficiência técnica com viabilidade financeira foi um dos resultados mais notáveis. O episódio envolvendo as baterias do AGV ilustra perfeitamente essa dinâmica: ao invés de aplicar uma fórmula matemática para o controle PD em um ambiente ideal, os alunos precisaram compreender como a oscilação de tensão afeta diretamente a resposta do sistema de controle físico. Afinal, a Aprendizagem Baseada em Projetos permite que os alunos apliquem na prática o que aprenderam, investigando problemas, propondo hipóteses e experimentando ideias com níveis crescentes de complexidade (Kosloski et al., 2019).

Ademais, a metodologia estimulou o desenvolvimento de uma visão sistêmica. A resolução do conflito dos pinos de *boot* do ESP32 ou o retrabalho nas peças 3D exigiram que a equipe transitasse fluentemente entre a mecânica, a eletrônica e a programação. A interação constante com o objeto de estudo e com ferramentas concretas de mediação tecnológica favorece fortemente a internalização desses conceitos interdisciplinares por parte do estudante (Severo, 2020). A ABP provou na prática que o dimensionamento incorreto de um motor impacta o consumo de corrente da placa e a lógica do código. A autonomia concedida pelo método obrigou as equipes a gerenciarem o tempo diante de atrasos crônicos, culminando na compreensão de que o desenvolvimento de projetos reais proporciona a busca pela melhor solução em curtos períodos, aprimorando a tomada de decisões sob situações de pressão (Costa; Silva, 2019).

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do projeto SAGA transcende a simples construção de um protótipo, consolidando-se como uma aplicação prática e bem-sucedida da metodologia de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). Ao deslocar o eixo do aprendizado puramente teórico para a resolução de problemas abertos e reais da engenharia, a ABP impulsionou uma articulação multidisciplinar complexa entre mecânica, eletrônica, controle e desenvolvimento de *software*. Mais do que validar componentes isolados, o projeto obteve êxito ao criar um ecossistema automatizado funcional, comprovando a eficácia dessa metodologia na formação de profissionais preparados para os desafios dinâmicos da automação industrial.

Um dos grandes marcos dessa jornada prática foi a materialização da própria estrutura do sistema. Através do projeto CAD e da fabricação de peças customizadas,

majoritariamente via impressão 3D, foi possível transpor as barreiras entre o ambiente virtual e o físico, superando os desafios reais de tolerância e montagem que a ABP propõe. Nesse arranjo estrutural, o transelevador destacou-se como o mecanismo de maior estabilidade e robustez do projeto, executando o armazenamento e o resgate das cargas com um elevado nível de confiabilidade mecânica.

Integrada a essa sólida base estrutural, a implementação da Interface Homem-Máquina (IHM) *web*, comunicando-se com os sistemas embarcados, provou-se uma estratégia altamente eficaz para o gerenciamento remoto do inventário e acionamento preciso de todo o conjunto. Em paralelo, o Veículo Guiado Automaticamente (AGV) cumpriu o propósito estabelecido para a movimentação das cargas. Em conjunto, a mecânica 3D, a IHM e o AGV atestaram a viabilidade técnica de integrar movimentação autônoma e armazenamento verticalizado de forma sincronizada.

Embora o conceito tenha sido validado com êxito, os testes práticos revelaram oportunidades de aprimoramento visando uma aproximação com os padrões de uma aplicação industrial contínua. Para trabalhos futuros, no âmbito estrutural e elétrico, sugere-se a adoção de guias lineares e engrenagens de dentes retos para elevar ainda mais a precisão do transelevador, além do redimensionamento das baterias para suprir os picos de tensão do AGV. A expansão da planta com esteiras transportadoras e a inclusão de um segundo AGV também são evoluções naturais para garantir um fluxo logístico ininterrupto. Por fim, no que tange ao controle de navegação do AGV, recomenda-se a substituição da atual malha PD por um controlador baseado em Lógica *Fuzzy*. Essa transição apresenta-se como uma alternativa promissora para contornar as limitações inerentes ao acúmulo de erro posicional do sistema atual, permitindo que o veículo lide de forma mais suave e adaptativa com as não linearidades físicas do ambiente, garantindo maior confiabilidade e autonomia à operação.

5 REFERÊNCIAS

BOROCHOVICIUS, E.; TASSONI, E. C. M. Aprendizagem Baseada em Problemas: Uma Experiência no Ensino Fundamental. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 37, p. 1-22, 2021.

COSTA, A. M. S.; SILVA, L. C. O. A aprendizagem baseada em projetos aplicada em um curso de mestrado em engenharia aeroespacial: relato de uma experiência. **Universidade Federal do Maranhão**, São Luís, 2019.

FERNANDES, S. R.; FLORES, M. A.; LIMA, R. M. A Aprendizagem Baseada em Projectos Interdisciplinares: avaliação do impacto de uma experiência no ensino de engenharia. **Avaliação**, Campinas, Sorocaba, SP, v. 15, n. 3, p. 59-886, nov. 2010.

KOSLOSKI, R. A. D.; RAMOS, C. S.; CANEDO, E. D.; GOULART, H. B. Aprendizagem baseada em projetos aplicada em uma disciplina de integração de Engenharias: desafios e



benefícios. **Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019)**, Brasília, p. 89-98, 2019.

MASSON, T. J. et al. Metodologia de Ensino: aprendizagem baseada em projetos (PBL). In: **XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, 2012, Belém. Anais... Belém, 2012.

OLIVEIRA, J. V. A.; SOUZA, R. L.; TEIXEIRA, A. Z. A. Aprendizagem Baseada em Projetos em Práticas Pedagógicas na Educação Profissional. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação - REASE**, São Paulo, v. 9, n. 6, p. 1715-1731, jun. 2023.

OLIVEIRA, S. L.; SIQUEIRA, A. F.; ROMÃO, E. C. Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino Médio: estudo comparativo entre métodos de ensino. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 34, n. 67, p. 764-785, ago. 2020.

PASCON, D. M.; PERES, H. H. C. Aprendizagem baseada em projetos. **Educação Permanente em Saúde**, Brasília, DF: Editora ABEn, p. 47-53, 2023.

SEVERO, C. E. P. Aprendizagem Baseada em Projetos: Uma Experiência Educativa na Educação Profissional e Tecnológica. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 2, p. 1-13, 2020.

SILVA, T. S. da et al. O ensino baseado em projeto e a aprendizagem colaborativa com sistemas de informação geográfica. **Terrae Didatica**, Campinas, v. 9, p. 14-21, 2013.

TEIXEIRA, A. Z. A. Ensino Interdisciplinar Experimental no Processo de Conservação de Frutas Monitorado pela Fermentação do Açúcar Através da Levedura *Saccharomyces cerevisiae*. In: **Open Science Research X**. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, v. 10, n. 1, p. 1003-1013, 2023.