

MICROENERGIA: um jogo digital para interação virtual no processo de produção de biodiesel a partir de microalgas

Welyson Fernando do Prado de Carlos¹, Flávia Belintani Blum Haddad¹,
Walter Anibal Rammazzina Filho¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio – PR – Brasil

welyson@alunos.utfpr.edu.br, {flaviahaddad,walterfilho}@utfpr.edu.br

Abstract. *The production of biodiesel from microalgae, renewable energy sources that provide fuel in the form of oil, has been the subject of research around the world. Understanding and correctly handling the biodiesel production process is necessary to achieve high biodiesel productions as well as obtain a clean, renewable and sustainable form of energy. At the same time, capturing and captivating students' attention towards sustainable areas is a task that can be achieved through digital games. This article aims to present the development of an educational game that simulates the production process of biodiesel from microalgae. As future steps, we intend to test the knowledge developed by students through the game and its efficiency in teaching biodiesel production principles and discussing sustainability issues.*

Keywords - educational games, construct 3, biofuel

Resumo. *A produção de biodiesel a partir de microalgas, fontes renováveis de energia que fornecem combustível em forma de óleo, vem sendo alvo de pesquisas no mundo todo. Entender e manusear corretamente o processo de produção deste biodiesel é necessário para alcançar altas produções de biodiesel como também obter uma forma de energia limpa, renovável e sustentável. Ao mesmo tempo, prender e cativar a atenção dos estudantes para áreas sustentáveis é uma tarefa que pode ser atingida por meio de jogos digitais. Este artigo visa apresentar o desenvolvimento de um jogo educacional que simula o processo de produção de biodiesel a partir de microalgas. Como passos futuros, pretende-se testar o conhecimento desenvolvido dos estudantes por meio do jogo e sua eficiência no ensino de princípios de produção do biodiesel e de discussão de questões de sustentabilidade.*

Palavras-chave - jogos educacionais, construct 3, biocombustíveis

1. Introdução

Há mais de duas décadas os jogos digitais vêm impactando o cotidiano de muitos jogadores com amplo espectro de idades. Gros (2003) menciona que, na maioria das vezes, o primeiro contato de uma criança com um equipamento eletrônico (computador, console ou *smartphone*) é para o divertimento por meio de jogos digitais.

Esse público juvenil descobre um novo mundo fora da escola, onde adquire habilidades sem ler muitos textos. Gros (2003) afirma que o uso de imagens eram complementares aos textos, mas que atualmente o texto complementa a imagem, e cada

vez mais é observada a disseminação do conteúdo por meio de mídias, ao invés de longos textos, tornando-os visualmente mais aceitáveis para todos os públicos.

O mundo tedioso de distribuição linear de informações torna desinteressante a visualização do conteúdo escolar. Crianças e adolescentes deixam o estudo de lado e partem para o mundo de interatividade, adquirindo habilidades que são comumente vistas nesta década, como o processamento de informações em paralelo, dividindo sua atenção não em uma só tarefa, mas em várias o (r); e (r). Essa habilidade, característica do século 21, pode tornar tediosas as várias horas na sala de aula com aulas expositivas e baixa interação e (r).

Dessa forma, é possível aproveitar o uso de jogos no processo de ensino e aprendizagem, por meio de propostas educacionais que despertem aos estudantes a busca do conhecimento somado à diversão, acelerando o aprendizado e estreitando o vínculo afetivo com a aprendizagem i (l).

A partir da proposta de unir jogos ao processo de ensino e aprendizagem, este artigo apresenta a criação de um jogo educacional que simula o processo de produção de biocombustíveis a partir de microalgas destinado a estudantes de cursos técnicos e graduação na área de engenharia, com ênfase em energias renováveis.

Este artigo está estruturado em fundamentação teórica a qual subsidia a criação do jogo e a busca por trabalhos relacionados. Na seção 3 é relatado o método aplicado para desenvolvimento do jogo, na seção 4 a construção do jogo, na seção 5 é apresentado o jogo e na seção 6 a conclusão.

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta, resumidamente, o embasamento teórico aplicado ao desenvolvimento do jogo, as ferramentas e as tecnologias utilizadas, bem como os aspectos teóricos a respeito do uso de microalgas para a geração de biocombustível.

2.1. Jogos educacionais

O jogo é uma atividade divertida e produtiva que trabalha o intelecto e o emocional do jogador e pode ser adotada como uma importante ferramenta de aprendizagem. Por mais que o jogo trate de um espaço fechado com regras próprias e sem consequências no mundo exterior, as experiências vividas pelo jogador pode refletir fora do ambiente de jogo r (e).

Especificamente, os jogos educacionais são ferramentas de apoio que podem ser utilizadas para incrementar o processo de aprendizagem. Apresentam uma linguagem dinâmica que atrai a atenção do aluno e implica que eles associem a atividade com um momento de lazer e não de tarefas, colocando-os em uma situação de pouca dispersão e muita concentração, cenário ideal para absorção de conhecimento r (e).

Jogos educacionais se apoiam na aprendizagem baseada em jogos, que aplica a mecânica de jogos em um jogo cujo objetivo principal é aprender/exercitar habilidades e conceitos específicos, caracterizando o termo *Game-Based Learning* (GBL) (e).

Conhecer teorias de aprendizagem e princípios de design de jogos são fundamentais para que o jogo alcance seu objetivo principal, a aprendizagem. Assim, pesquisas na área continuam trazendo à luz da ciência tal necessidade e a inclusão de atividades no processo de desenvolvendo que contemplem estes elementos r (a).

2.2. Produção de biodiesel

A base da matriz energética mundial foi constituída, predominantemente, pelo carvão mineral, no século XVIII, posteriormente, pelo petróleo e gás natural, até os dias de hoje. Estas fontes de energia são não-renováveis e provocam impactos ambientais, portanto, torna-se cada vez maior a busca por fontes alternativas de energia. A sociedade mundial busca, cada vez mais, alternativas sustentáveis para a produção e uso de energia. Nesse contexto, o biodiesel tem ganhado cada vez mais importância, por ser derivado de fontes renováveis, como gorduras animais e óleos vegetais (i).

Segundo Pinho e Teixeira (2016), as vantagens obtidas pela utilização do biodiesel são muitas, por ser feito de matérias-primas renováveis, biodegradáveis e não tóxicas. Outro impacto ambiental positivo é a redução da poluição atmosférica (redução das emissões de dióxidos e monóxidos de carbono). Nesse contexto, o Brasil há muitos anos apresenta um bom potencial de produção de biodiesel, devido à grande possibilidade de diversificação de matérias-primas, devido à sua extensão territorial e suas condições favoráveis de solo e clima. Mesmo com essa larga variedade de insumos disponíveis, a soja é a espécie mais usada, chegando a representar mais de 70 por cento da produção nacional, incorrendo assim, em um risco relativamente alto quando se baseia a produção de biodiesel em apenas um tipo de matéria-prima.

Em meio ao predomínio dessas matérias-primas, o setor de bioenergia vive uma expectativa pela consolidação das microalgas como fonte viável de biomassa para a produção de biocombustíveis. Estes micro-organismos fotossintetizantes são utilizados em aquicultura, para a produção de suplemento alimentar e para a extração de compostos de alto valor comercial, com potencial para uso em biorremediação e biofertilização, assim como para a produção de vários tipos diferentes de biocombustíveis. Estes incluem o metano produzido pela digestão anaeróbia da biomassa das microalgas, o biodiesel derivado do óleo de microalgas, o bio-hidrogênio produzido por processos fotobiológicos, o bio-óleo resultante da pirólise e o bioetanol. Vale ressaltar que, para alguns dos usos acima citados, já existe produção comercial de microalgas, o que demonstra sua viabilidade econômica nestes casos (r).

A produção de biodiesel a partir de microalgas é centrada na produção do óleo, que será esterificado para a produção deste biocombustível. As etapas de produção são: cultivo da biomassa de microalgas e seu processamento, que é composto pelas etapas de colheita, secagem e extração do óleo. A extração do óleo de microalgas representa uma etapa de alta demanda energética, pois, na maioria das vezes, é necessária a remoção da água (meio de cultivo). Esta etapa pode representar, juntamente com a etapa de separação da biomassa (colheita), uma parcela significativa na viabilidade econômica do processo de produção de biodiesel, estes custos podem variar de 3,3 a 30 por cento, dependendo da morfologia das espécies e do tipo de cultivo.

2.3. Trabalhos Relacionados

Ao realizar uma pesquisa no Google, há certas palavras-chave e operadores que operam como uma linguagem de consulta estruturada e possuem significado especial para o referido mecanismo de busca. Esses elementos são empregados para filtrar os resultados (a).

Para a busca de trabalhos relacionados a este estudo, utilizou-se a seguinte

estrutura com variações de sites, palavras-chave e idioma: site: EndereçoDoSite OR EndereçoDoSite ("PalavraChave"OR "PalavraChave") AND ("PalavraChave").

Considerando esta estrutura foram construídas duas *strings* de busca, uma em inglês e a outra em português. Além disso, para abranger uma variedade de fontes, foram incluídas as seguintes plataformas: itch.io, GameJolt, Google Play Store, Apple Store e PhET Colorado.

- site:play.google.com OR site:apps.apple.com OR site:gamejolt.com OR site:itch.io OR site:phet.colorado.edu ("educational games"OR "game") ("microalgae"OR "biofuel"OR "biodiesel");
- site:play.google.com OR site:apps.apple.com OR site:gamejolt.com OR site:itch.io OR site:phet.colorado.edu ("Jogos educacionais"OR "simuladores") ("microalga"OR "biocombustível"OR "biodiesel").

Foi encontrado apenas um trabalho relevante para esta pesquisa:

BubbleMumble: No laboratório Bubblemumble, os jogadores são conduzidos pela Doutora EVa em uma jornada de pesquisa científica. O objetivo é cultivar microalgas e produzir o máximo possível de vesículas extracelulares. Com as orientações da Doutora EVa, os jogadores aprendem sobre microalgas e o processo de isolamento das vesículas extracelulares. Eles cuidam de diferentes espécies de microalgas, observam-nas ao microscópio e utilizam diversas ferramentas para isolar as vesículas com precisão. O sucesso na isolamento resulta em uma pontuação alta, permitindo aos jogadores progredir e se tornar renomados pesquisadores como a Doutora EVa.r (e).

Na Tabela 1 são apresentadas as diferenças e as inovações que o projeto traz em relação aos trabalhos já existentes.

	Microenergia	BubbleMumble
Multiplataforma	Sim	Não
Jogo educacional	Sim	Sim
Análise de desempenho	Sim	Sim
Tutorial	Sim	Não
Níveis gradativos	Não	Sim
Microalgas	Sim	Sim
Biodiesel	Sim	Não

Tabela 1. Comparação entre os jogos

Para detalhar as funcionalidades de cada critério utilizado ao realizar o comparativo dos trabalhos relacionados, tem-se:

- **Multiplataforma:** software desenvolvido para ser instalado em um dispositivo eletrônico móvel, como um telefone celular, smartphone, tablet;
- **Jogo Educacional:** jogos elaborados para ensinar e testar conhecimentos sobre um determinado assunto;
- **Análise de Desempenho:** avalia o desempenho do jogador quanto ao seu conhecimento;
- **Apontamento de Erros:** informa ao jogador os erros cometidos no jogo;
- **Níveis Gradativos:** oferta níveis de jogo que adicionam dificuldades ao passar de fase;
- **Tutorial:** explica como jogar o jogo passo-a-passo;
- **Microalgas:** possui a temática direcionada a produção de algo a partir de microalgas;
- **Biodiesel:** possui a temática direcionada a produção de biodiesel como fonte renovável.

3. Materiais e Métodos

Esta seção apresenta o método aplicado no desenvolvimento, materiais e tecnologias utilizados.

3.1. PDJEA

PDJEA é a sigla para **Processo de Desenvolvimento de Jogos Educacionais para o Aprendizado**, que é um processo estruturado para orientar o desenvolvimento de jogos educacionais. O PDJEA fornece artefatos, diretrizes e recomendações para cada etapa do processo de desenvolvimento, desde o planejamento até a avaliação. O objetivo do PDJEA é facilitar o desenvolvimento de jogos educacionais de alta qualidade que sejam eficazes no aprimoramento do aprendizado. Na Figura 1 são apresentadas as fases e suas etapas. d (o)

Definição dos Objetivos de Aprendizado: estabelecimento de objetivos educacionais específicos para o jogo. Esses objetivos devem estar alinhados com os padrões curriculares e devem ser mensuráveis para que possam ser avaliados.

O método mencionado incorpora também o desenvolvimento incremental e o Scrum, funcionando com ciclos de entrega, mesmo que o projeto não tenha sido completo e validado. Segundo Rodrigues (2020), em equipes de desenvolvimento, as entregas parciais e a geração de versões de artefatos em cada ciclo tornam-se essenciais devido a possíveis saídas de membros da equipe. Em caso de saída, o participante que ocuparia o lugar no próximo ciclo poderia usar os artefatos gerados como referência para dar continuidade ao desenvolvimento a partir do próximo ciclo de entrega de versão. O processo PDJEA propõe diversos artefatos, conforme mostrado na Figura 2, mas cabe à equipe definir quais artefatos são necessários no desenvolvimento do jogo, tornando o processo modular d (o).

3.2. Materiais

Neste trabalho, foram adotados alguns artefatos do modelo do Processo de Software para Desenvolvimento de Jogos Eletrônicos Educacionais na Academia (PDJEA) proposto

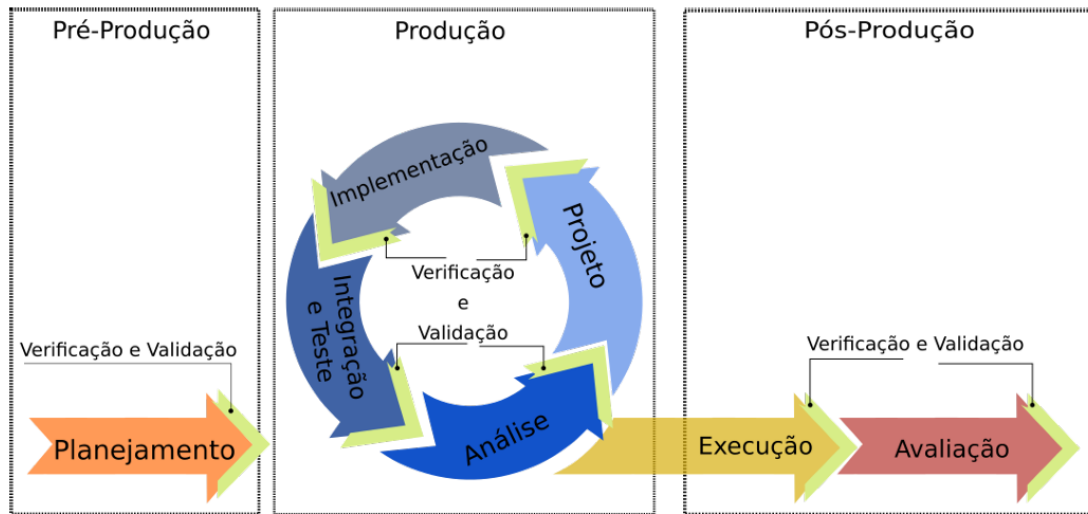


Figura 1. Visão geral do processo de Software PDJEA

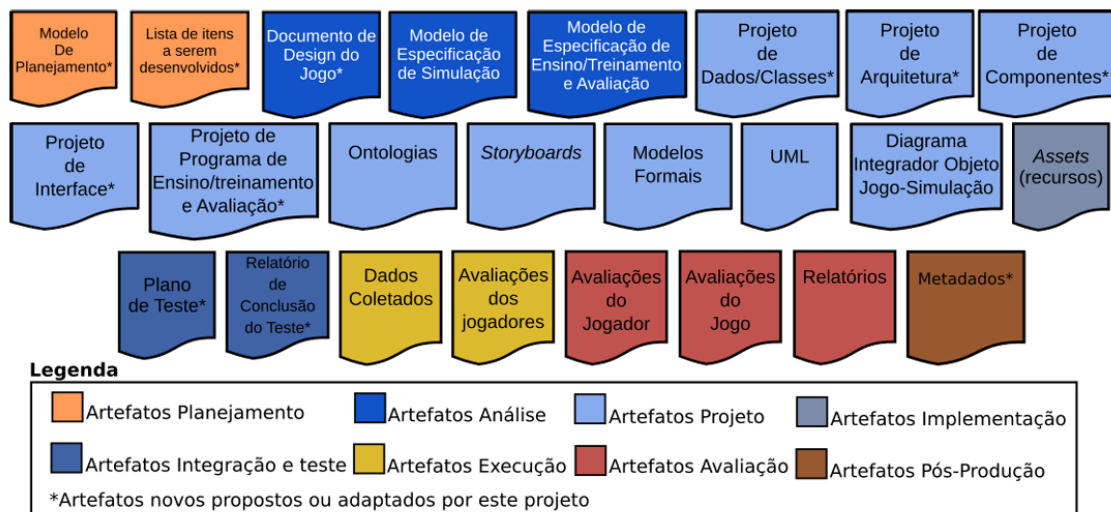


Figura 2. Artefatos Utilizados no PDJEA

por Rodrigues (2020). Foram implementados os softwares e aplicações web "Draw.io", "MagicaVoxel", "Adobe Photoshop", "audiotool.com", "bfxr.net" e "Construct 3" para o desenvolvimento do jogo MicroEnergia em fases de pré-produção, produção e pós pré-produção.

4. Desenvolvimento

4.1. Pré-produção

Na pré-produção foi utilizado o modelo descritivo PDJEA para conceber e detalhar o conceito do jogo, selecionando artefatos como o "Modelo de Planejamento", "Documento de Design de Jogo", entre outros, de acordo com o escopo do projeto. Um sistema de gerenciamento de versão foi adotado para acompanhar as mudanças nos documentos ao longo do desenvolvimento.

O "Modelo de Planejamento" abordou o público-alvo, objetivos, método de ensino, cenários e níveis do jogo. O "Documento de Design de Jogo" detalhou aspectos como resumo do projeto, jogabilidade, universo do jogo, entre outros. Uma lista de itens a serem desenvolvidos foi definida com os campos id, descrição, prioridade, tempo estimado e status de cada item.

O "Modelo de Especificação de Simulação" especificou o nível de fidelidade funcional, dimensional e psicológica do jogo.

Com base nos artefatos, foi feita uma segunda etapa de planejamento, utilizando a ferramenta "Draw.io" para visualizar graficamente o layout, interface, fluxo de jogo, entre outros elementos. O esqueleto da interface foi desenvolvido com itens gráficos dispostos para clareza e usabilidade conforme mostrado na Figura 3.

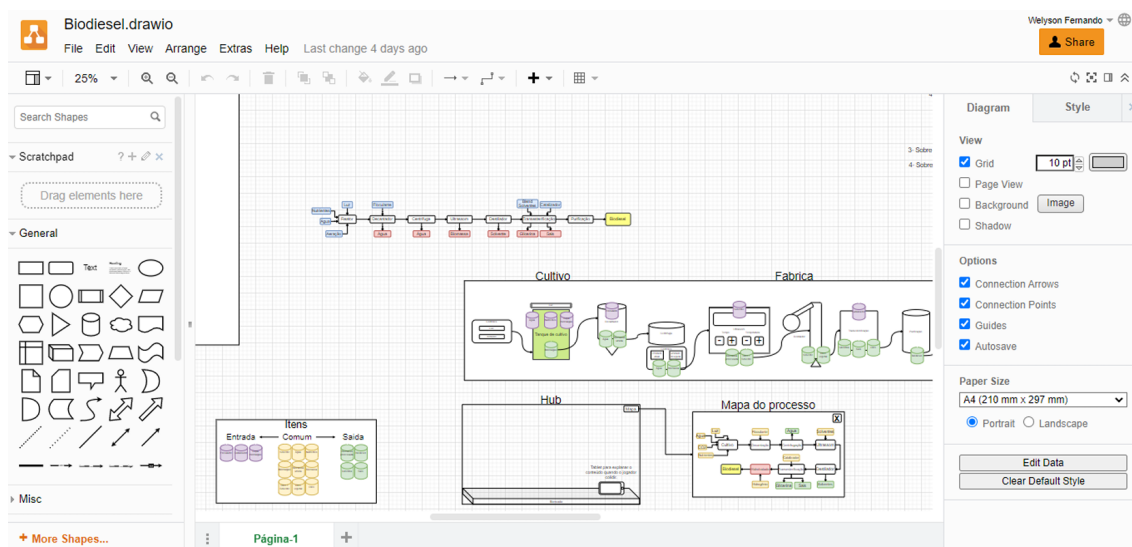


Figura 3. Planejamento do fluxo por meio de diagramação

O tutorial do jogo foi considerado fundamental, e um personagem chamado "Engenheiro" foi criado para explicar as mecânicas do jogo. Uma tela de tutorial foi planejada com recursos gráficos para tornar a experiência do usuário mais agradável e informativa.

4.2. Produção

Com base na "Lista de itens a serem desenvolvidos" e na etapa anterior de planejamento utilizando o software "Draw.io", foram esboçados todos os equipamentos, itens e personagens necessários para a implementação do jogo "MicroEnergia", utilizando o software de arte voxel "MagicaVoxel". As artes em 3D foram modeladas e renderizadas para obter objetos em formato PNG.

Utilizando o "Adobe Photoshop", foram ajustadas as cores e recortados os fundos desnecessários, exportando as imagens no formato WebP para reduzir o tamanho do jogo e facilitar o carregamento.

Para criar uma experiência imersiva, foram criados efeitos sonoros em aplicativos web como "bfxr" e "Audiotool", ajustando-os para se assemelharem aos sons reais dos

equipamentos utilizados no processo de obtenção de biodiesel a partir de microalgas.

Após a criação dos arquivos de mídia, o jogo foi desenvolvido no aplicativo web "Construct 3", utilizando uma licença comercial anual. Os layouts e eventos foram criados com base nos artefatos de planejamento, e as artes e efeitos sonoros foram importados e organizados no projeto.

A programação no Construct 3 foi baseada em eventos, começando com a definição de parâmetros e comparações de variáveis para executar ações ou chamar funções. Comentários foram adicionados para facilitar o entendimento da programação por desenvolvedores futuros.

Durante a implementação foram realizados testes com exportação para vários formatos, incluindo APK, IOS, EXE e HTML5, com observação do comportamento dos usuários em tempo real. O jogo foi testado em diferentes navegadores e dispositivos móveis, e foram coletados dados para avaliação do desempenho do jogo. O layout foi reservado para incorporação de um *quiz* usando o Google Forms para avaliar o conhecimento e a experiência dos jogadores em possíveis testes.

4.3. Pós-produção

Após o desenvolvimento e testes, decidiu-se pela versão de compilação HTML5 devido ao fácil acesso online por meio de um link. Para isso, uma conta foi criada nos sites "itch.io" e "gamejolt.com", plataformas de jogos digitais, para a publicação do jogo.

Foram gerados *screenshots*, palavras-chave e textos explanatórios sobre o conteúdo do jogo para destacar suas características e atrair os jogadores. Essas informações foram cuidadosamente colocadas nas plataformas de publicação para melhor apresentar o jogo e atrair ao público-alvo.

5. MicroEnergia

O jogo foi desenvolvido e publicado em duas plataformas online gratuitas e de fácil acesso, conforme planejado. O conjunto de imagens da Figura 4 ilustra os momentos em que o tutorial é apresentado: na Figura 4(a), o primeiro tutorial visa familiarizar os jogadores com a temática, o personagem principal e os controles. Concluído o tutorial, o usuário é direcionado ao início do jogo. Na Figura 4(b), o início do jogo apresenta o objetivo ao jogador por meio de um diálogo, cujo propósito principal é entender e completar o processo de elaboração do biodiesel a partir de microalgas. Por fim, a Figura 4(c) mostra o *tablet* usado para explorar o jogo, onde ao mover a câmera sobre qualquer item, o jogador recebe uma explicação em texto sobre o item em foco.

O conjunto de imagens da Figura 5 ilustra as diversas mecânicas do jogo. Na Figura 5(a), é apresentada a tela inicial, onde o jogador começa sua jornada. A parte superior da tela inclui um espaço para exibir mensagens de ajuda no centro e um botão à direita para abrir o mapa do processo, conforme Figura 5(b). O centro da tela mostra o cenário (Figura 5(c)) com equipamentos que devem ser configurados e preenchidos com insumos. O jogador pode arrastar e soltar os itens para isso. Para se movimentar pela fábrica, o jogador utiliza o gesto de arrastar da direita para a esquerda. Na bancada (parte inferior da tela), são guardados os insumos para realizar reações químicas, gerando produtos e subprodutos conforme indicado na Figura 5(d).

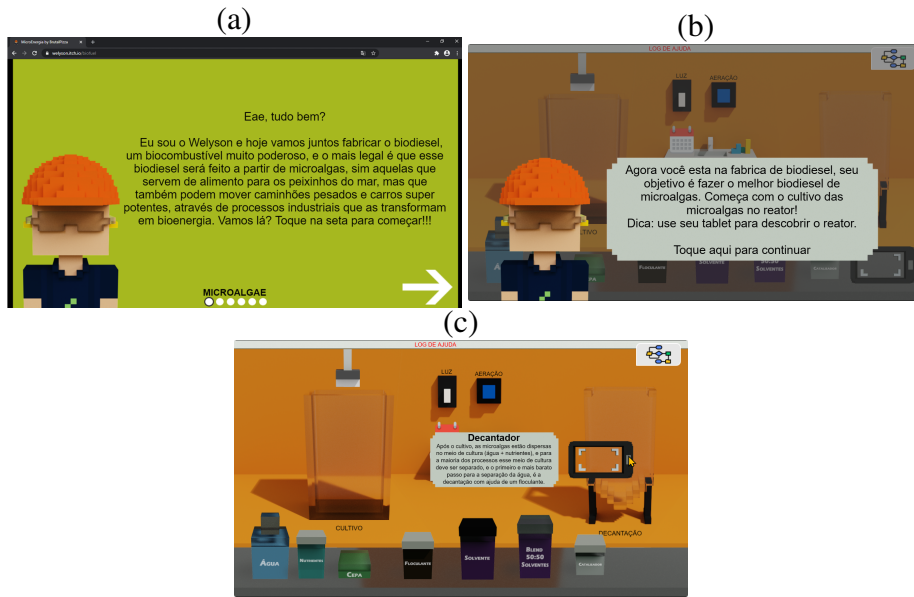


Figura 4. Diferentes momentos de tutoriais

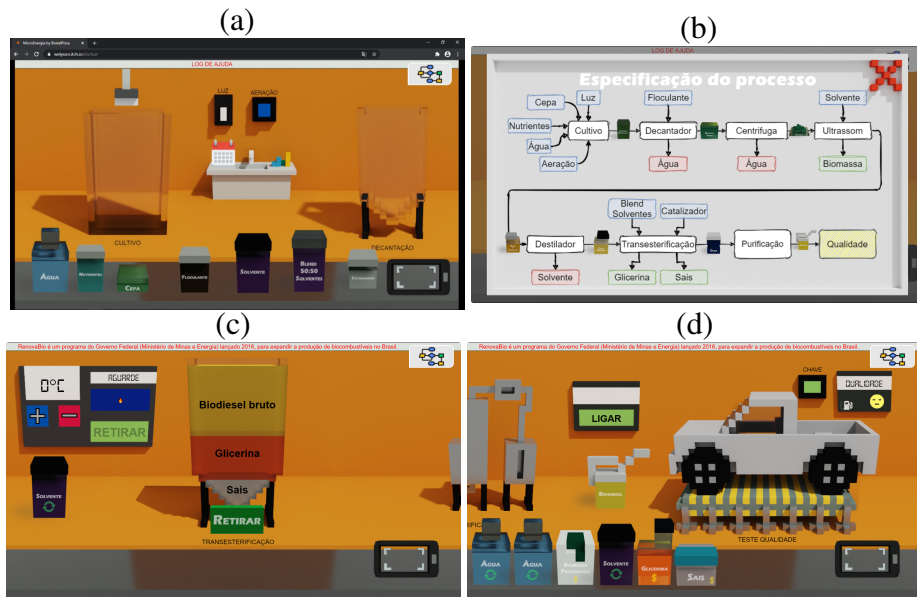


Figura 5. Mecânicas do jogo

Após passar pelo processo de teste de qualidade do biodiesel, a análise de desempenho é exibida para o jogador. Ela indica aprovação ou falha em cada processo e apresenta um status geral de "Aprovado" ou "Reprovado" no teste de qualidade, conforme mostrado na Figura 6. Nessa mesma tela, o jogador tem a possibilidade de jogar novamente para consolidar seus conhecimentos ou responder a um possível quiz.



Figura 6. Tela final do jogo com os resultados

Atualmente, o jogo está publicado em duas plataformas online: "Itch.io" e "GameJolt". Na primeira plataforma, o jogo pode ser acessado em <https://welyson.itch.io/biofuel>, enquanto na segunda plataforma está disponível em <https://gamejolt.com/games/biofuel2/552166>. Essas plataformas oferecem acesso fácil e gratuito ao jogo em qualquer dispositivo com um navegador mais recente instalado, permitindo que os jogadores o experimentem e desfrutem facilmente.

6. Conclusão

Este artigo apresentou um jogo educacional que simula o processo de produção de biodiesel a partir de microalgas, que pode ser utilizado em cursos técnicos, tecnológicos ou engenharias que contenham em seu currículo o estudo de energias renováveis. Pode ser aplicado ainda em treinamentos em indústrias de fabricação de biodiesel.

Durante o jogo, o jogador deve selecionar materiais e quantidades corretas, seguindo o passo a passo para a fabricação do biodiesel, de forma interativa. Se as escolhas do jogador forem corretas ele produz o biodiesel no final do jogo.

Além do jogo, que já está disponível para uso, este artigo contribui com o relato do processo de desenvolvimento que pode servir de inspiração para criação de jogos similares.

6.1. Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização de testes com usuários, como o teste de aprendizado para verificar o quanto os usuários aprendem com o jogo. Até o momento, foram conduzidos apenas testes funcionais, os quais contribuíram para a correção e melhoria de problemas identificados. Além disso, há a possibilidade de explorar a criação de uma versão multijogador, fomentando a interação e colaboração entre os participantes. A aplicação do jogo em diversos contextos educacionais e sua tradução para outros idiomas podem ampliar seu alcance e impacto. Explorar ainda mais a integração dos conceitos sobre produção de biodiesel e microalgas no jogo.

Agradecimento

O presente trabalho teve o apoio da Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná por meio da Chamada Pública 09/2023 da Fundação Araucária (FA).

Referências

- Carvalho, C. H. C. and Oliveira, A. F. (2024). Educational games: Transdisciplinary impact on learning and scientific outreach. *Research, Society and Development*, 13(1):e6013144786.
- De Almeida Souza, M. R., Furtini Veado, L., Teles Moreira, R., Magno Lages Figueiredo, E., and Costa, H. A. X. (2017). Games for learning: bridging game-related education methods to software engineering knowledge areas. In *2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training Track (ICSE-SEET)*, pages 170–179.
- Franco, A. L. C., Lôbo, I. P., Cruz, R. S. d., Teixeira, C. M. L. L., Almeida Neto, J. A. d., and Menezes, R. S. (2013). Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. *Química Nova*, 36(3):437–448.
- Gros, B. (2003). The impact of digital games in education. *First Monday*, pages 1–21.
- Oliveira, B., Afonso, P., and Costa, H. (2016). Testeg — a computational game for teaching of software testing. In *2016 35th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*, pages 1–10.
- per le Technologie Didattiche Palermo, C. I. (s.d.). Bubblemumble. Google Play. <https://play.google.com/store/apps/details?id=it.cnr.itd.pa.bubblemumble>.
- Pereira, R. F., Fusinato, P. A., and Neves, M. C. D. (2009). Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física. *Universidade Estadual de Maringá - UEM*.
- Pinho, L. D. A. and Teixeira, F. L. C. (2016). Biodiesel no brasil: Uma anÁlise da regulaÇÃo e seus reflexos na diversificaÇÃo das matÉrias-primas usadas no processo de produÇÃo. *Revista Brasileira de Administração Política*, 8(2):141.
- Prensky, M. (2012). *Aprendizagem baseada em jogos digitais*. Editora Senac São Paulo, São Paulo.
- Raggi, N. (2021). Google hacking: verifique quais informações sobre você ou sua empresa aparecem nos resultados.
- Rodrigues, W. F. (2020). Processo de software para desenvolvimento de jogos eletrônicos educacionais na academia (pdjea). Dissertação (mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, Limeira, SP. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/343662>>.