



INSTITUTO FEDERAL

Brasília

Campus Planaltina

Curso Superior de Licenciatura em Biologia

KELLVN TADEU ROCHA BESSA

**PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO JOGO
DIDÁTICO "FOTOSSÍNTESE EM AÇÃO"**

Planaltina - DF

2026

KELLYN TADEU ROCHA BESSA

**PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DO JOGO
DIDÁTICO "FOTOSSÍNTESE EM AÇÃO"**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso Superior de Licenciatura em Biologia do
Campus Planaltina do Instituto Federal de Brasília
como requisito parcial para obtenção de título de
Licenciado em Biologia

Orientadora: Dra. Mayara Lustosa de Oliveira Barbosa

Planaltina - DF

2026

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho com imensa gratidão aos meus familiares — em especial à minha esposa, Sarah Delfino, e ao meu filho, Miguel Delfino —, aos meus amigos e a toda a equipe docente do Instituto Federal de Brasília, *Campus Planaltina*.

AGRADECIMENTO

Quero expressar meu reconhecimento mais sincero aos professores. Graças ao conhecimento compartilhado, ao apoio constante e à maneira única de ensinar de cada um, este caminho se tornou possível. Vocês foram um verdadeiro incentivo e me deram as ferramentas e a confiança para chegar até aqui. Guardo com carinho todo o aprendizado e dedicação que recebi.

RESUMO

O ensino de processos fisiológicos vegetais, como a fotossíntese, frequentemente esbarra no alto grau de abstração exigido, tornando-se um desafio para a adoção de metodologias que superem o modelo tradicional conteudista. Nesse cenário, o presente trabalho teve como objetivo planejar, desenvolver e avaliar o jogo didático de cartas "Fotossíntese em Ação", visando atuar como um mediador eficaz na transposição didática desse complexo tema biológico. A pesquisa, de natureza aplicada e com abordagem metodológica mista, iniciou-se com uma revisão da literatura e envolveu a concepção de um recurso lúdico pautado no gerenciamento de fichas e cartas para simular o ciclo da fotossíntese. O instrumento foi submetido à validação de rigor científico e de potencial pedagógico por 32 participantes, estratificados entre docentes de Ciências e Biologia, além de estudantes de Licenciatura. A coleta de dados utilizou um questionário estruturado com escala Likert e questões discursivas. Para a avaliação qualitativa, os dados textuais foram processados no ambiente estatístico R, utilizando o pacote Syuzhet para a análise de sentimentos e o software IRAMUTEQ para a classificação lexical. Os resultados quantitativos demonstraram ampla aprovação na recomendação do recurso (96,8%) e atestaram a viabilidade de sua aplicação no tempo regular de aula. A análise afetiva evidenciou a predominância de valências positivas, com destaque para as emoções de confiança, expectativa e alegria, indicando o reconhecimento da precisão científica e do potencial de engajamento do material. O processamento lexical permitiu isolar desafios logísticos ligados à curva de aprendizagem das regras, fundamentando a proposição de materiais de apoio complementares, como guias rápidos e tutoriais. Conclui-se que o jogo "Fotossíntese em Ação" consolida-se como um recurso didático robusto, capaz de desconstruir concepções alternativas e motivar os estudantes do Ensino Médio por meio da simulação estratégica e do planejamento tático.

Palavras-chave: Fotossíntese; Jogo didático; Ensino de Biologia; Transposição didática; Análise de sentimentos.

ABSTRACT

The teaching of plant physiological processes, such as photosynthesis, often faces challenges due to the high degree of abstraction required, making the adoption of methodologies that overcome the traditional content-based model a challenge. In this scenario, the present study aimed to plan, develop, and evaluate the educational card game "Fotossíntese em Ação" (Photosynthesis in Action), aiming to act as an effective mediator in the didactic transposition of this complex biological topic. The research, of an applied nature and with a mixed-methods approach, began with a literature review and involved the design of a playful resource based on the management of tokens and cards to simulate the photosynthesis cycle. The instrument was submitted to the validation of scientific rigor and pedagogical potential by 32 participants, stratified among Science and Biology teachers, as well as undergraduate students. Data collection utilized a structured questionnaire with a Likert scale and open-ended questions. For qualitative evaluation, textual data were processed in the R statistical environment, using the Syuzhet package for sentiment analysis and the IRAMUTEQ software for lexical classification. Quantitative results demonstrated a high approval rate in the recommendation of the resource (96.8%) and confirmed the feasibility of its application within regular class time. The affective analysis showed a predominance of positive valences, highlighting the emotions of trust, anticipation, and joy, indicating the recognition of the material's scientific accuracy and engagement potential. Lexical processing allowed the isolation of logistical challenges related to the rules' learning curve, supporting the proposition of complementary support materials, such as quick guides and tutorials. It is concluded that the game "Fotossíntese em Ação" is consolidated as a robust educational resource, capable of deconstructing alternative conceptions and motivating high school students through strategic simulation and tactical planning.

Keywords: Photosynthesis; Educational game; Biology teaching; Didactic transposition; Sentiment analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes estruturais e design das cartas do jogo didático "Fotossíntese em Ação", incluindo o Baralho Principal, o Baralho de Eventos, as Cartas Permanentes e as Fichas de Recurso (ATP, NADPH e Oxigênio).

Figura 2 - Distribuição de frequência das respostas dos 32 avaliadores (docentes e licenciandos) aos doze critérios técnicos e pedagógicos do jogo, mensurados por meio de uma escala Likert de quatro pontos.

Figura 3 - Gráfico de barras indicando a frequência absoluta de valências e emoções básicas extraídas dos pareceres discursivos dos avaliadores, processadas computacionalmente pelo pacote Syuzhet do ambiente estatístico R.

Figura 4 - Mapeamento em ondas da flutuação da trajetória afetiva ao longo das narrativas textuais de validação, ilustrando picos de valência positiva e vales de atenção extraídos pelo pacote Syuzhet.

Figura 5 - Análise Fatorial de Correspondência (AFC) gerado pelo software IRAMUTEQ, demonstrando a distribuição, a proporção e a correlação das três classes lexicais identificadas nos relatos dos avaliadores.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Artigos selecionados na revisão de literatura, detalhando as propostas de jogos para o ensino de fotossíntese publicadas entre os anos de 2019 e 2025.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2.1. Planejamento e Desenvolvimento do Jogo Didático.....	12
2.2. Validação do Produto Educacional.....	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3.1. Resultados da revisão e Planejamento do Jogo.....	16
3.2. Resultado do protótipo desenvolvido.....	19
3.3. Avaliação dos eixos técnicos, pedagógicos.....	21
3.4. Análise de sentimentos.....	23
3.5. Análise Lexical.....	26
4. CONCLUSÃO.....	29
5. REFERÊNCIAS.....	30

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Biologia nas escolas brasileiras frequentemente enfrenta o desafio de superar abordagens metodológicas estritamente tradicionais e conteudistas. Historicamente, o ensino de ciências tem se apoiado em um modelo de transmissão passiva de informações, no qual o conhecimento é repassado de forma fragmentada e descontextualizada. Esse cenário remete à crítica formulada por Freire acerca da "educação bancária", um sistema que trata o aluno como um mero receptáculo de conteúdos depositados pelo educador (Freire, 1987). Esse modelo não estimula o pensamento crítico, o engajamento ou a contextualização dos temas, contribuindo significativamente para a desmotivação discente e transformando o aprendizado em um ato mecânico de memorização para avaliações.

Para romper com essa passividade e promover uma aprendizagem verdadeiramente significativa, torna-se essencial adotar metodologias que estimulem a participação e coloquem o aluno como protagonista de sua jornada educativa. Tais iniciativas são ainda mais importantes no ensino de conteúdos com alto nível de abstração, especialmente os relacionados a conceitos microscópicos, os quais podem tornar a Biologia desinteressante quando ensinados de forma tradicional (Oliveira et al., 2012). A fotossíntese é um exemplo representativo dessa dificuldade, já que muitos estudantes encontram obstáculos para visualizá-la como um todo, seja em sua dimensão biológica e estrutural, ou química e conceitual, sobretudo por se tratar de um evento que ocorre em nível microscópico e molecular (Liesenfeld et al., 2015).

Na educação básica, esse e outros temas complexos são geralmente abordados com recursos elementares, como quadro branco, pincel e imagens estáticas e bidimensionais nos materiais didáticos (Santos; Rodrigues; Vasconcelos, 2021). Ao transformar conteúdos do universo microscópico em elementos visíveis e manipuláveis, permitimos ao aluno a construção de representações mentais mais sólidas e menos abstratas (Pires; Silva; Barbosa, 2021). Dessa forma, ele deixa de apenas memorizar termos e passa a visualizar e simular processos biológicos, compreendendo relações de causa e efeito que seriam inacessíveis numa aula puramente expositiva (Pires; Silva; Barbosa, 2021). Nesse sentido, um jogo didático que ilustra o processo de fotossíntese pode facilitar significativamente a compreensão do conteúdo, pois, além de sua dimensão lúdica, promove a participação ativa dos estudantes (Liesenfeld et al., 2015; Santos; Rodrigues; Vasconcelos, 2021).

Nessa linha, é importante reforçar que os jogos precisam ser bem planejados, desenvolvidos e avaliados, de modo a não somente romper com a lógica tradicional, mas tornar o aprendizado mais dinâmico e participativo. Ao exigir raciocínio lógico para tomar decisões e resolver problemas que simulam situações biológicas reais, é possível estimular o pensamento crítico e a reflexão sobre os conteúdos trabalhados (Baikulova et al., 2026).

Ademais, quando aplicados em grupo, os jogos também favorecem a cooperação, a socialização e a troca de saberes, enquanto o uso prático e repetido das regras facilita a apropriação do vocabulário científico (Capece; Branco, 2025). Assim, a ludicidade oferece um caminho eficaz para superar as barreiras da complexidade, contribuindo para uma construção do conhecimento mais profunda e duradoura (Barbosa, 2020).

A utilização de jogos didáticos no ensino de Biologia tem sido objeto de diversas pesquisas voltadas a compreender as concepções e práticas docentes (Conceição; Mota; Barguil, 2020). No campo específico da fotossíntese, Cordeiro (2015) desenvolveu e avaliou um jogo de tabuleiro intitulado "Ludo da Fotossíntese", concluindo que o material se mostrou uma ferramenta pedagógica viável para auxiliar na compreensão dos mecanismos bioquímicos. Mais recentemente, Doná (2024) descreveu a criação de um jogo interativo sobre o tema para alunos do Ensino Médio, que despertou engajamento e promoveu a autonomia dos estudantes. Destaca-se ainda o trabalho de Silva e Lana (2019), que propôs um jogo de baralho para a Educação Básica capaz de simplificar terminologias científicas e favorecer a aprendizagem de forma motivadora.

É importante também ressaltar que nem sempre os jogos geram sentimentos positivos em sala de aula. Sentimentos negativos relacionados às metodologias de ensino podem comprometer o aprendizado (Souza *et al.*, 2020). Por essa razão, a inserção da análise de sentimentos é relevante em pesquisas com aplicação de jogos, tendo em vista o fato de que a ludicidade não garante, por si só, uma experiência integralmente positiva.

Estudos sobre o design de jogos educacionais alertam que fatores estruturais, como um alto nível de competitividade ou a presença de regras iniciais excessivamente complexas, podem gerar sobrecarga cognitiva, desencadeando frustração, ansiedade e respostas afetivas contraditórias nos participantes (Toda *et al.*, 2018). Dessa forma, além de avaliar o rigor biológico e os aspectos funcionais, o mapeamento da trajetória emocional torna-se indispensável para interpretar os dados comportamentais de maneira abrangente, permitindo

identificar se possíveis barreiras de usabilidade estão gerando sentimentos restritivos que interfiram na aprendizagem.

Diante do exposto e considerando o conteúdo complexo da fisiologia vegetal, o presente projeto envolveu o planejamento, o desenvolvimento e a avaliação do jogo didático de cartas denominado "Fotossíntese em Ação", cuja originalidade reside em uma mecânica de simulação estratégica, a qual exige que os jogadores gerenciem recursos em um processo sequencial e tático, não apenas respondam perguntas e avancem em um tabuleiro.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa foi planejar, desenvolver e avaliar o jogo junto a professores de Biologia e licenciandos da área, verificando o seu potencial pedagógico, as emoções geradas ao jogar e o rigor científico. Para atingir essa finalidade, foram definidos os seguintes objetivos específicos: 1) fazer uma revisão sistemática de artigos que descrevem propostas de jogo já existentes e publicadas mais recentemente, com vistas a planejar e fundamentar adequadamente o design do produto educacional; incluindo elementos inovadores e aprimorando as mecânicas do protótipo; e 2) submeter o material à apreciação de docentes e estudantes, avaliando tanto o aspecto das emoções geradas pelo jogo, quanto o conteúdo e a utilidade do produto para o ensino.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa caracterizou-se pelo desenvolvimento e pela avaliação de um produto educacional, configurando-se como uma pesquisa aplicada, descritiva-exploratória com abordagem metodológica predominantemente qualitativa (Prodanov; Freitas, 2013). O percurso investigativo foi dividido em duas etapas principais: a concepção e a estruturação do jogo didático "Fotossíntese em Ação", seguida pela validação do seu rigor científico e potencial pedagógico por meio da aplicação de um questionário a profissionais e estudantes da área.

2.1. Planejamento e Desenvolvimento do Jogo Didático

A revisão sistemática foi conduzida como etapa preliminar para subsidiar a estruturação de um jogo com mecânica distinta daquelas já descritas na literatura, buscando reconhecer lacunas, recorrências metodológicas, tipos de jogos utilizados e possibilidades de inovação no ensino desse conteúdo biológico.

A busca foi realizada no Google Acadêmico, por incluir fontes acadêmicas de ampla circulação, incluindo SciELO, Portal de Periódicos da CAPES e repositórios institucionais reconhecidos. Considerando que o tema ainda se apresenta como pouco explorado na literatura recente, adotou-se como recorte temporal o período de 2019 a 2025, ampliando-se o intervalo originalmente previsto de cinco para seis anos, a fim de garantir maior abrangência de estudos para análise.

As buscas foram realizadas por meio da combinação de descritores em português e inglês, utilizados de forma combinada. Foram empregadas as seguintes *strings* de busca: "jogo didático" "fotossíntese"; "jogo" "fotossíntese" "ensino médio" OR "educação básica"; "game" "photosynthesis" "teaching" OR "learning" "biology"; "board game" OR "card game" "photosynthesis" "students"; e "jogo interativo" OR "jogo de tabuleiro" OR "jogo de cartas" "fotossíntese". As strings foram aplicadas uma por vez, e os resultados obtidos foram posteriormente comparados e combinados, com a remoção de duplicatas.

Foram incluídos na revisão artigos, trabalhos publicados em anais de eventos acadêmicos e produções disponíveis em repositórios institucionais de programas de pós-graduação reconhecidos, desde que publicados entre 2019 e 2025 e redigidos em português, inglês ou espanhol. Como critério temático, foram selecionados apenas os estudos que desenvolveram, aplicaram ou avaliaram jogos com foco total ou parcial no ensino de fotossíntese. Assim, foram considerados tanto jogos especificamente elaborados para abordar esse processo biológico quanto propostas em que a fotossíntese integrava um conjunto mais amplo de conteúdos de Biologia, desde que ocupasse papel relevante na proposta didática.

Foram excluídos trabalhos que apenas mencionam jogos como recurso pedagógico, sem apresentar desenvolvimento, aplicação ou avaliação de uma proposta concreta; resumos de congresso que não apresentavam descrição metodológica suficiente; estudos cujo foco principal recai sobre outro conteúdo biológico, com menção apenas secundária à fotossíntese.

Após a seleção, os títulos e resumos dos 14 trabalhos recuperados nas buscas foram lidos, com o objetivo de verificar sua aderência ao tema da revisão. Em seguida, os textos potencialmente relevantes foram lidos integralmente, permitindo a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão de forma mais rigorosa. Os estudos selecionados foram organizados em uma tabela analítica, contemplando informações como autoria, ano de publicação, contexto de

realização, nível de ensino, tipo de jogo desenvolvido e/ou aplicado, objetivos pedagógicos, metodologia utilizada e principais resultados relatados.

A análise dos estudos foi realizada de forma qualitativa e interpretativa, buscando identificar tendências, potencialidades e limitações das propostas já existentes. Foram observados, especialmente, os tipos de mecânica empregados nos jogos, o grau de participação ativa dos estudantes, a relação entre ludicidade e aprendizagem conceitual, os instrumentos utilizados para avaliação da proposta e as possíveis lacunas apontadas pelos autores. Essa sistematização permitiu reconhecer elementos recorrentes nas experiências analisadas e fundamentar a elaboração de uma nova proposta de jogo, orientada pela busca de uma mecânica diferenciada e por maior integração entre conteúdo científico, tomada de decisão, interação entre participantes e compreensão dos processos envolvidos na fotossíntese.

Após a seleção dos textos, foram estruturadas as regras, métricas e o design do jogo, partindo não somente do exame crítico dos resultados da revisão, mas também dos subsídios teóricos e metodológicos apontados pelos autores. Esse levantamento foi essencial para definir as escolhas do jogo didático “Fotossíntese em Ação”. Para a dinâmica de interação, o trabalho evitou o formato tradicional de trilhas de perguntas e respostas, o que já era o intuito do proponente. Assim, em vez disso, adotou-se uma mecânica de gerenciamento de recursos e planejamento tático, com forte inspiração em jogos de tabuleiro modernos, a exemplo de Catan, Ticket to Ride e Wingspan.

Em relação aos objetivos de aprendizagem, o foco foi exigir dos jogadores a simulação das rotas metabólicas respeitando a precisão bioquímica, associando esse processo às variáveis ambientais do Baralho de Eventos. Já para a etapa de avaliação, os instrumentos foram estruturados para medir não apenas a exatidão dos conceitos, mas também a recepção afetiva do público. Esse conjunto de decisões garantiu que o material não fosse apenas a reprodução de um formato já consolidado, mas sim uma ferramenta inovadora, lúdica e coerente para o ensino de Biologia.

2.2. Validação do Produto Educacional

Para avaliar o rigor científico e a adequação pedagógica das mecânicas propostas, estruturou-se um instrumento de coleta de dados no formato de questionário digital (Apêndice A), por meio da plataforma Google Forms. O questionário foi submetido à apreciação de um

público-alvo estratificado em quatro categorias de atuação: professores de Ciências do Ensino Fundamental e professores de Biologia do Ensino Médio (ambos subdivididos entre profissionais com até cinco anos ou com mais de cinco anos de experiência); estudantes de Licenciatura em Biologia, agrupados do 1º ao 4º semestre ou do 5º semestre em diante; e licenciados em Biologia não atuantes na Educação Básica, segregados entre até cinco anos ou mais de cinco anos de formação.

O formulário foi configurado inicialmente para o delineamento do perfil sociodemográfico. Antes da emissão de qualquer parecer, os avaliadores foram orientados a analisar os materiais do projeto (manual de regras, imagens das cartas e vídeo explicativo). O instrumento de avaliação foi estruturado em três blocos metodológicos subsequentes. O primeiro bloco adotou uma abordagem quantitativa, utilizando uma escala de Likert de 4 pontos (variando de 'Discordo Totalmente' a 'Concordo Totalmente') para mensurar eixos centrais de análise do jogo, tais como: clareza do manual de regras, atratividade e funcionalidade do design das cartas, fidelidade da simulação das vias metabólicas, adequação do rigor científico e da complexidade para os alunos do Ensino Médio, contribuição do Baralho de Eventos, além da viabilidade de aplicação e taxa de recomendação docente.

O segundo bloco adotou uma abordagem qualitativa focada na projeção de expectativas, solicitando aos participantes que descrevessem as emoções e os sentimentos despertados pelo funcionamento e pela organização estética do jogo. Por fim, o terceiro bloco, também de caráter qualitativo discursivo, consistiu em uma análise crítica na qual os avaliadores puderam descrever livremente os pontos fortes do material e elencar sugestões práticas de adaptação ou melhoria.

Os dados textuais obtidos por meio das respostas abertas foram processados e analisados com o auxílio de duas ferramentas complementares baseadas no ambiente estatístico R. Utilizou-se o software IRAMUTEQ (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*) (Ratinaud, 2009; Camargo; Justo, 2013) para a organização do corpus textual, geração da Análise Fatorial de Correspondência (AFC) e identificação das classes temáticas por meio da Classificação Hierárquica Descendente (CHD). Aplicou-se também o pacote *Syuzhet* (Jockers, 2023) no software R para a mineração de texto e análise de sentimentos, extraindo as emoções predominantes e mapeando a trajetória afetiva dos discursos dos avaliadores. A articulação dessas duas abordagens

permitiu quantificar a recepção emocional e categorizar as sugestões qualitativas, subsidiando a discussão dos resultados e o aprimoramento final do recurso didático.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resultados da revisão e Planejamento do Jogo

A etapa de planejamento foi conduzida com base nas diretrizes de uma revisão sistemática da literatura. Esse processo de filtragem evidenciou que a produção científica sobre jogos didáticos especificamente voltados ao ensino de fotossíntese é restrita, o que por si só já representa um resultado relevante para o desenvolvimento do presente trabalho.

O afunilamento dos estudos ocorreu de forma estruturada em quatro fases consecutivas. Inicialmente, na fase de identificação, a busca nas bases de dados resultou no levantamento de 14 artigos potencialmente relevantes. Em seguida, procedeu-se à etapa de triagem, pautada na leitura dos títulos e resumos para verificar a aderência direta ao tema. Isso levou à exclusão de quatro registros que não abordavam a fotossíntese como foco central ou secundário.

Na terceira fase, referente à elegibilidade, os dez artigos restantes foram lidos na íntegra para a aplicação detalhada dos critérios de exclusão. Nesse ponto, foram descartados cinco estudos, seja pela ausência de uma aplicação prática (textos que apenas mencionavam jogos) ou por se tratarem de trabalhos com descrição metodológica insuficiente. Por fim, na etapa de inclusão, restaram apenas cinco artigos que atenderam integralmente a todos os parâmetros estabelecidos (Tabela 1).

Esse número reduzido de publicações sinaliza uma lacuna expressiva em um conteúdo reconhecidamente complexo e de difícil compreensão para estudantes da Educação Básica (Liesenfeld et al., 2015). Tal escassez reforça a pertinência de novas propostas lúdicas para o tema, especialmente aquelas que articulem rigor científico e acessibilidade pedagógica.

Tabela 1. Artigos selecionados na revisão de literatura, detalhando as propostas de jogos para o ensino de fotossíntese publicadas entre os anos de 2019 e 2025.

<i>Referência</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Método</i>	<i>Principais resultados</i>
Silva e Lana (2019)	Desenvolver e apresentar um jogo de baralho adaptável a diferentes níveis de dificuldade (I, II e III) para o ensino de fotossíntese na Educação Básica.	Pesquisa de desenvolvimento, com descrição das regras, dos componentes (cartas de reagentes, produtos e ação) e das possibilidades de uso em sala de aula.	O jogo foi considerado uma ferramenta viável e motivadora, capaz de abordar conceitos de reagentes e produtos da fotossíntese e também relações ecológicas, como a competição entre organismos.
Espinoza, Orvis e Brophy (2020)	Investigar o aprendizado de estudantes sobre a cadeia transportadora de elétrons na fotossíntese a partir da combinação de vídeo instrucional e jogo de tabuleiro (Electron Chute).	Delineamento quase-experimental com pré-teste e pós-teste, comparando dois grupos: apenas vídeo versus vídeo + jogo. Participaram 120 alunos do 8º ano.	O grupo que utilizou o jogo em combinação com o vídeo apresentou melhor desempenho conceitual e maior capacidade de explicar as relações de causa e efeito do processo, evidenciando o valor do jogo para a construção de modelos mentais mais robustos.
Doná (2024)	Elaborar e avaliar um jogo interativo (desenvolvido em PowerPoint) com atividades investigativas e colaborativas sobre fotossíntese para alunos do 1º ano do Ensino Médio.	Pesquisa qualitativa com aplicação do jogo em turma de escola pública, observação direta e questionários respondidos pelos alunos e pela professora.	O jogo engajou os estudantes e permitiu que vivenciassem etapas do método científico, promovendo autonomia, protagonismo e pensamento crítico, além de contribuir para a aprendizagem dos conteúdos de fotossíntese.
Torres et al. (2024)	Desenvolver e avaliar um jogo de tabuleiro para o ensino de fotossíntese com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental.	Avaliação por professores em exercício e percepção de alunos (pre-service teachers e duas turmas de 9º ano); análise de ganho normalizado (pré/pós-teste) para medir a evolução conceitual.	O jogo obteve avaliação satisfatória em design e criatividade. Os alunos que apresentaram ganho normalizado médio demonstraram melhora na compreensão conceitual; os de baixo ganho indicaram menor aproveitamento, sugerindo a necessidade de mediação docente complementar.

Campelo et al. (2023)	Mapear e analisar jogos didáticos utilizados no ensino de Biologia, incluindo o Jogo PSI-PSII, voltado especificamente para o conteúdo de fotossíntese.	Revisão descritiva da literatura, com levantamento e categorização de jogos por tema biológico, tipo e nível de ensino.	Identificou diversidade de jogos para o ensino de Biologia, entre os quais o Jogo PSI-PSII, voltado à fotossíntese, evidenciando o potencial pedagógico dessas ferramentas para tornar conteúdos complexos mais acessíveis e engajadores.
-----------------------	---	---	---

Os artigos levantados forneceram contribuições metodológicas e conceituais diretamente incorporadas ao design do jogo aqui proposto. De Silva e Lana (2019), recuperou-se a ideia de estruturar o jogo em torno dos reagentes e produtos da fotossíntese como elementos manipuláveis pelos jogadores, princípio que fundamenta o Baralho de Reagentes (Água, Luz Solar e Dióxido de Carbono) adotado na mecânica central.

De Espinoza, Orvis e Brophy (2020), extraiu-se a evidência de que a combinação entre representação visual do processo e tomada de decisão ativa favorece a construção de modelos mentais sobre a cadeia de reações, o que orientou a decisão de tornar explícitas as proporções estequiométricas e a sequência lógica da Fase Fotoquímica e do Ciclo de Calvin durante a partida.

Já o trabalho de Torres et al. (2024) indicou que jogos de tabuleiro sobre fotossíntese obtêm avaliações satisfatórias em design e percepção dos estudantes, mas que a mediação docente é determinante para garantir ganhos conceituais mais expressivos, o que motivou a elaboração de um material de apoio pedagógico junto ao jogo.

Os estudos de Doná (2024) e Campelo et al. (2023) destacaram, respectivamente, o potencial do formato investigativo e colaborativo para promover autonomia e pensamento crítico, e a viabilidade de jogos temáticos que abordam etapas específicas da fotossíntese como ferramentas de engajamento.

Esses achados influenciaram a criação do Baralho de Eventos, elemento que diferencia o presente jogo dos demais identificados na revisão. Ao introduzir variáveis climáticas e ecológicas reais (como "Poluição", "Estresse Hídrico", "Luz Verde" e "Noite") que afetam diretamente o rendimento fisiológico do cloroplasto, o jogo propõe que os jogadores não apenas reproduzam a reação fotossintética, mas raciocinem sobre os fatores ambientais que a condicionam, abordagem inexistente nos trabalhos revisados.

A principal inovação do jogo reside, portanto, na articulação entre precisão bioquímica e contextualização ecológica dentro de uma mesma mecânica. Enquanto os jogos identificados na literatura tendem a focar nos produtos e reagentes da fotossíntese de forma isolada (Silva; Lana, 2019) ou a simular etapas bioquímicas específicas sem conectá-las ao ambiente externo (Espinoza; Orvis; Brophy, 2020; Torres et al., 2024), o presente trabalho integra as rotas metabólicas (Fase Fotoquímica e Ciclo de Calvin) a um cenário ecológico dinâmico. Essa abordagem alinha-se às competências da BNCC para o Ensino Médio, especificamente a EM13CNT101, que orienta a análise das transformações de matéria e energia para a preservação da vida, e a EM13CNT202, que propõe a investigação das condições ambientais e dos fatores limitantes ao desenvolvimento dos seres vivos.

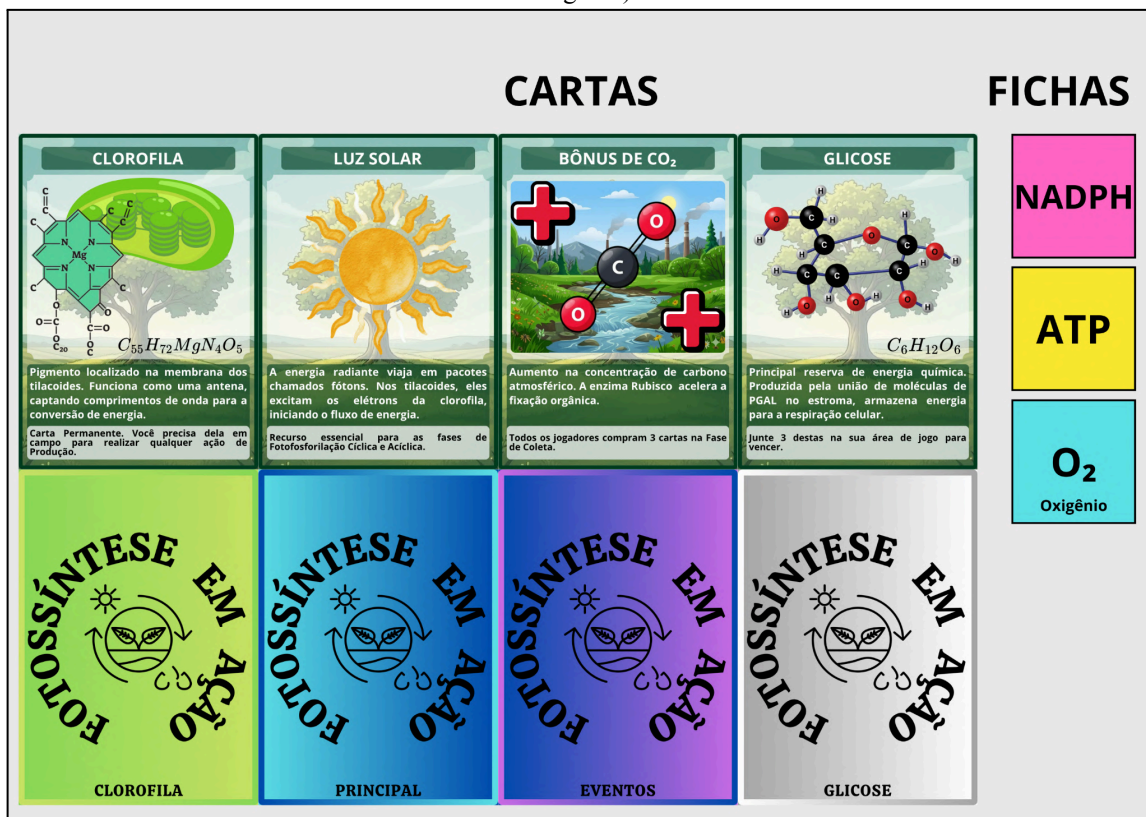
Além disso, a abstração intencional adotada na condição de vitória, que gera glicose ao final do Ciclo de Calvin em substituição ao PGAL, é uma transposição didática deliberada que preserva a coerência científica sem comprometer a fluidez da partida; solução que os trabalhos revisados não contemplaram de forma explícita.

3.2. Resultado do protótipo desenvolvido

O recurso educativo foi projetado sem a utilização de um tabuleiro tradicional, apoiando-se em um sistema composto por 102 cartas e um conjunto de fichas de gerenciamento de recursos (Figura 1). O Baralho Principal (68 cartas) foi balanceado para refletir a demanda energética e a interação ecológica da planta, contendo 30 cartas de Luz Solar, 20 de Água, 10 de Dióxido de Carbono (CO_2), além de cartas de ação, como quatro cartas de Fertilizantes e quatro de Sombreamento.

Adicionalmente, elaborou-se o Baralho de Eventos (15 cartas) com o intuito de simular as variáveis do clima, incluindo fatores neutros, positivos e negativos que afetam diretamente o rendimento de todos os jogadores na mesa. Entre eles, destacaram-se eventos restritivos, como a "Noite" e a "Luz Verde", e fatores de otimização, como o "Dia Ensolarado" e o "Bônus de CO_2 ", garantindo uma simulação ecofisiológica contínua. O sistema contou ainda com 19 cartas de estruturas permanentes e de objetivo (Clorofila e Glicose). Uma amostra representativa das cartas e as fotografias dos componentes físicos podem ser consultadas, respectivamente, nos Apêndices B e C.

Figura 1. Componentes estruturais e design das cartas do jogo didático "Fotossíntese em Ação", incluindo o Baralho Principal, o Baralho de Eventos, as Cartas Permanentes e as Fichas de Recurso (ATP, NADPH e Oxigênio).



Fonte: autoria própria (2026).

A dinâmica da partida foi projetada para que os jogadores gerenciem esses recursos a fim de operar as rotas metabólicas da planta. Durante o turno, estruturado sequencialmente em três fases, as regras estipulam que os participantes optem de forma estratégica por realizar a Fotofosforilação Acíclica ou a Fotofosforilação Cíclica, visando atingir o custo exato de 3 ATP e 2 NADPH necessários para rodar o Ciclo de Calvin e sintetizar a Glicose.

Nessa dinâmica, incorporou-se também a ação opcional de "Trocas Gasosas", idealizada para que o estudante utilize as fichas de Oxigênio (O₂), geradas como subproduto da quebra da água, para capturar uma molécula de Dióxido de Carbono da pilha de descarte. Além de prever seu uso como moeda de troca, o acúmulo de Oxigênio foi estruturado como o primeiro critério de desempate ao final da partida, evidenciando o papel ecológico da liberação desse gás. A condição de vitória foi definida para o primeiro jogador que conseguir produzir três cartas de Glicose, podendo ser adaptada de acordo com o tempo disponível na aula.

Para ilustrar a dinâmica, considere uma rodada entre os jogadores A e B em uma partida adaptada para 10 minutos. A Fase 1 inicia com a carta de evento Clima Estável. Na Fase 2 (Coleta), o Jogador A reúne três cartas de Água, quatro de Luz Solar e uma de Dióxido de Carbono. Na Fase 3 (Produção), ele descarta duas cartas de Água e duas de Luz Solar para ativar a via Acíclica, recebendo as fichas de um ATP, um NADPH e um Oxigênio, encerrando sua jogada com as cartas restantes. A vez passa ao Jogador B, que, após sua coleta, organiza a mão com uma carta de Água, quatro de Luz Solar, duas de Dióxido de Carbono e uma de Fertilizante. Sem recursos hídricos suficientes para a via Acíclica, ele utiliza estrategicamente suas quatro cartas de Luz Solar para ativar a via Cíclica duas vezes, ganhando dois ATP. A rodada termina e o ciclo recomeça com um novo evento, como o Estresse Hídrico. A partida segue até o limite de tempo estipulado, e vence quem tiver mais Glicose ou fichas de recurso.

3.3. Avaliação dos eixos técnicos, pedagógicos

A etapa de validação do jogo didático "Fotossíntese em Ação" contou com a participação voluntária de 32 participantes, entre eles, profissionais e estudantes da área de Ciências Biológicas.

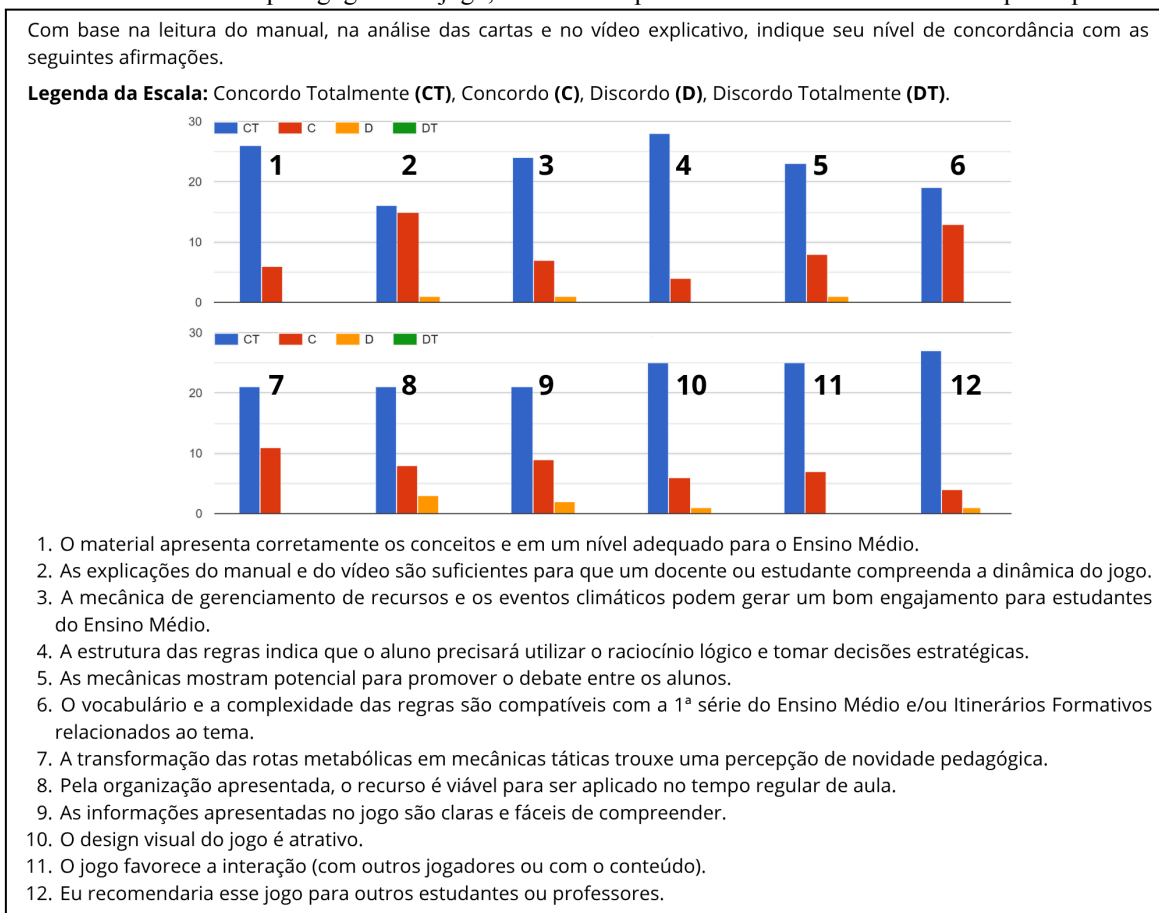
A análise da distribuição demonstrou que a maioria expressiva dos avaliadores, correspondente a 59,4% da amostra (19 participantes), são estudantes de Licenciatura em Biologia do 5º semestre em diante. O segundo grupo mais representativo, compondo 15,6% (5 participantes), foi formado por professores de Biologia do Ensino Médio com mais de cinco anos de experiência. Em menor proporção, o estudo contou com a participação de estudantes de Licenciatura em Biologia do 1º ao 4º semestre, representando 12,5% (4 participantes) da amostra, e de licenciados em Biologia não atuantes na Educação Básica com até cinco anos de formação, que totalizaram 9,4% (3 participantes). Por fim, 1 participante (3,1%) declarou pertencer à categoria de professor de Biologia do Ensino Médio com até cinco anos de experiência.

O instrumento de coleta alcançou o objetivo de diversificar os perfis de atuação, garantindo que o produto educacional fosse analisado sob múltiplas perspectivas, contemplando desde a formação acadêmica inicial até a prática docente consolidada.

O segundo bloco do questionário exigiu que os participantes emitissem pareceres sobre doze afirmativas relacionadas à estrutura, à mecânica e ao rigor científico do jogo, utilizando uma escala Likert de 4 pontos. Os dados quantitativos revelaram uma taxa de

aceitação e concordância altamente positiva, validando o protótipo como uma ferramenta eficaz para o ensino de fisiologia vegetal (Figura 2).

Figura 2. Distribuição de frequência das respostas dos 32 avaliadores (docentes e licenciandos) aos doze critérios técnicos e pedagógicos do jogo, mensurados por meio de uma escala Likert de quatro pontos.



Fonte: autoria própria (2026).

A observação dos dados evidencia que as respostas se concentraram majoritariamente nos polos positivos ("Concordo Totalmente" e "Concordo"). No que tange à usabilidade e à clareza estrutural, a totalidade dos avaliadores considerou que as explicações do manual facilitam o aprendizado autônomo, que as informações são claras e que o design visual das cartas é atrativo.

No eixo do rigor científico e da transposição didática, os resultados atestam o sucesso da mecânica proposta. A conversão da exigência energética de 3 ATP e 2 NADPH e o foco na síntese direta de glicose foram reconhecidos como elementos que trazem uma percepção de novidade pedagógica. O vocabulário científico empregado foi considerado adequado à faixa etária da 1ª série do Ensino Médio, validando a preocupação de não simplificar excessivamente o conteúdo biológico.

Destaca-se também a avaliação do Baralho de Eventos. Os participantes concordaram que a inserção de variáveis climáticas que interferem diretamente na captação de recursos da planta possui alto potencial para gerar engajamento discente, contextualizando a bioquímica celular dentro de um cenário ecológico tangível.

Os dados obtidos na validação confirmam que o jogo "Fotossíntese em Ação" cumpre seu objetivo primordial que é atuar como um recurso mediador eficaz na transposição didática de conceitos biológicos abstratos. A aprovação unânime quanto à apresentação correta dos conceitos refuta a noção de que a ludicidade exige, obrigatoriamente, a simplificação excessiva do conteúdo (Santos; Rodrigues; Vasconcelos, 2021). Como apontado pelos docentes, ao exigir a proporção exata de 3 ATP e 2 NADPH para a ativação do Ciclo de Calvin e focar na síntese direta de glicose, o jogo atua na desconstrução de concepções alternativas frequentes no ensino dos processos fisiológicos vegetais.

Pires, Silva e Barbosa (2021) apontam que a visualização de fenômenos invisíveis a olho nu constitui um dos maiores obstáculos no ensino de ciências. Nesse sentido, conforme apontado pelos avaliadores, a mecânica táctica desenvolvida permite que o estudante simule as vias metabólicas, compreendendo a interdependência sistêmica do cloroplasto.

Além da validação estrutural, o questionário buscou mensurar a viabilidade prática do jogo "Fotossíntese em Ação" no contexto de sala de aula. As respostas indicaram que as mecânicas de jogo não apenas exigem raciocínio lógico e tomada de decisões estratégicas por parte dos alunos, como também demonstram forte potencial para promover o debate e a interação interpessoal durante as partidas.

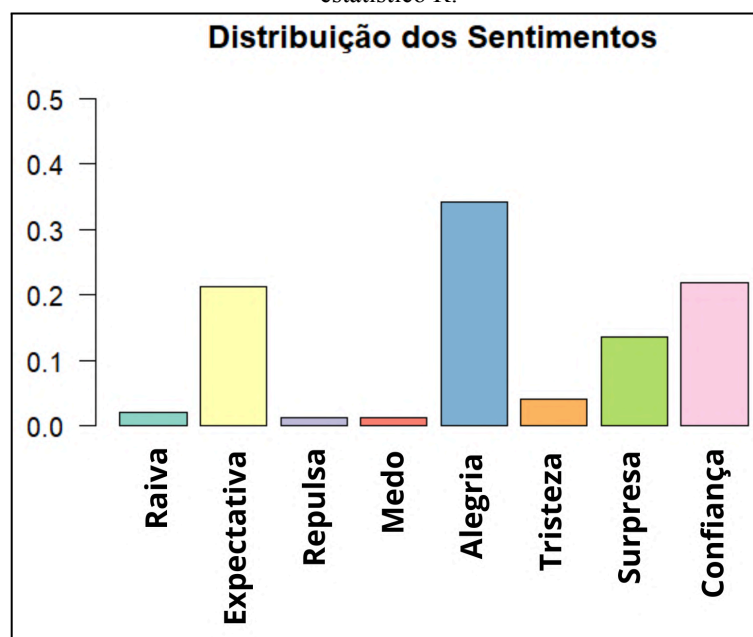
No aspecto operacional, a organização dos turnos e do tempo estimado de partida foi considerada viável para aplicação no tempo regular de uma aula, sanando uma das maiores preocupações docentes quanto ao uso de recursos didáticos lúdicos: a gestão do tempo. Os dados obtidos indicam expressiva aprovação na indicação do recurso, evidenciando que a quase totalidade dos participantes (31 dos 32 avaliadores) recomendaria o jogo para outros estudantes ou professores.

3.4. Análise de sentimentos

O terceiro bloco do instrumento de pesquisa permitiu a livre manifestação dos avaliadores, para aprofundar a compreensão sobre o impacto afetivo e estrutural do material

desenvolvido. A análise de sentimentos, fundamentada na teoria das emoções de Plutchik (2001), permitiu extrair a valência e classificar o texto nas emoções básicas manifestadas pelos docentes e licenciandos (Figura 3).

Figura 3. Gráfico de barras indicando a frequência absoluta de valências e emoções básicas extraídas dos pareceres discursivos dos avaliadores, processadas computacionalmente pelo pacote Syuzhet do ambiente estatístico R.



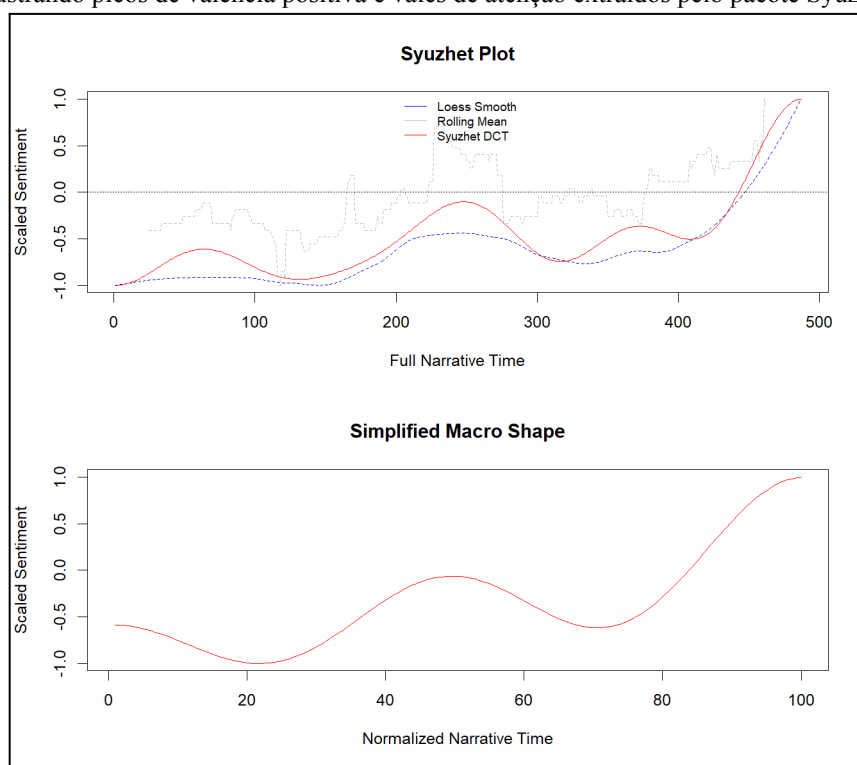
Fonte: autoria própria (2026).

A observação inicial do gráfico de barras revela uma dominância expressiva da valência positiva. No espectro das emoções detectadas, destaca-se a manifestação de um conjunto de sentimentos fundamentais para a validação de recursos didáticos, composto por Confiança, Expectativa e Alegria. A alta incidência de Confiança atesta que os avaliadores consideraram as mecânicas seguras para a sala de aula, enquanto a Expectativa e a Alegria sugerem o engajamento lúdico proporcionado pelo material, conforme evidenciado por estudos recentes que associam a ativação afetiva positiva ao aumento do fluxo cognitivo em jogos educativos (Jeong; Yllana Prieto; González-Gómez, 2026).

Por outro lado, o gráfico também registra traços mínimos de sentimentos de peso negativo, como Raiva, Tristeza e Medo. É preciso salientar, contudo, que a ocorrência dessas métricas decorre de um efeito colateral do processamento algorítmico do corpus, no qual palavras isoladas foram extraídas de contextos que não dizem respeito a críticas ao jogo, mas sim à resistência histórica dos estudantes diante do conteúdo ou ao receio logístico inicial do docente.

Como exemplo dessa distorção analítica, cita-se o relato de um participante ao manifestar que o jogo aborda de forma atrativa um conteúdo no qual os alunos apresentam *"muita dificuldade e resistência em aprender"*, bem como o parecer de outro avaliador que sugeriu a inclusão de um fluxograma para *"diminuir essa ansiedade inicial"* com o volume de regras. Em ambos os casos, termos como *"dificuldade"*, *"resistência"* e *"ansiedade"* foram computados pelo software no espectro negativo, embora as avaliações globais desses participantes tenham sido integralmente favoráveis à qualidade visual e didática do recurso, conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4. Mapeamento em ondas da flutuação da trajetória afetiva ao longo das narrativas textuais de validação, ilustrando picos de valência positiva e vales de atenção extraídos pelo pacote Syuzhet.



Fonte: autoria própria (2026).

O mapeamento temporal das narrativas, viabilizado pelos gráficos de trajetória afetiva em formato de ondas, aprofunda essa compreensão ao demonstrar como a variação dos sentimentos se distribui cronologicamente ao longo dos relatos. Em consonância com o modelo analítico proposto por Barbosa e Marín-Suelves (2024), a curva oscila de maneira a revelar picos de valência positiva e vales que demandam interpretação qualitativa contextualizada. No jogo *"Fotossíntese em Ação"*, nota-se que a linha de trajetória se mantém predominantemente na zona positiva da escala. As regiões de pico dessa oscilação coincidem com os momentos em que os avaliadores enfatizam o potencial de transposição didática do

material, validando a organização estética e a facilidade de inserção do recurso na dinâmica escolar.

Por outro lado, o monitoramento dos vales que indicam quedas pontuais na linha de sentimento revela uma especificidade metodológica importante. Afastando-se de uma interpretação puramente quantitativa que poderia sugerir rejeição ao jogo, a análise qualitativa desses pontos de inflexão demonstra que as quedas ocorrem quando os participantes evocam o cenário desafiador da atuação docente. Assim, os termos computados como negativos emergem quando os avaliadores relatam a complexidade abstrata inerente ao aprendizado dos processos fisiológicos vegetais e do metabolismo celular, ou quando descrevem obstáculos estruturais do cotidiano escolar. A trajetória das ondas confirma, portanto, a recepção favorável ao jogo, evidenciando que o decréscimo na linha sentimental não mapeia falhas no produto educacional, mas sim a complexidade do universo pedagógico no qual ele pretende intervir.

3.5. Análise Lexical

Para complementar a análise afetiva, foi realizada a análise de conteúdo por meio do software IRAMUTEQ. A leitura do dendrograma demonstra que o corpus textual foi inicialmente dividido em dois grandes grupos. Observa-se que a Classe 1 apresenta-se isolada, evidenciando um vocabulário com especificidade própria. Em contrapartida, a Classe 2 e a Classe 3 compõem um segundo grupo, demonstrando que os temas abordados nestas duas classes estão mais inter-relacionados nos discursos dos avaliadores.

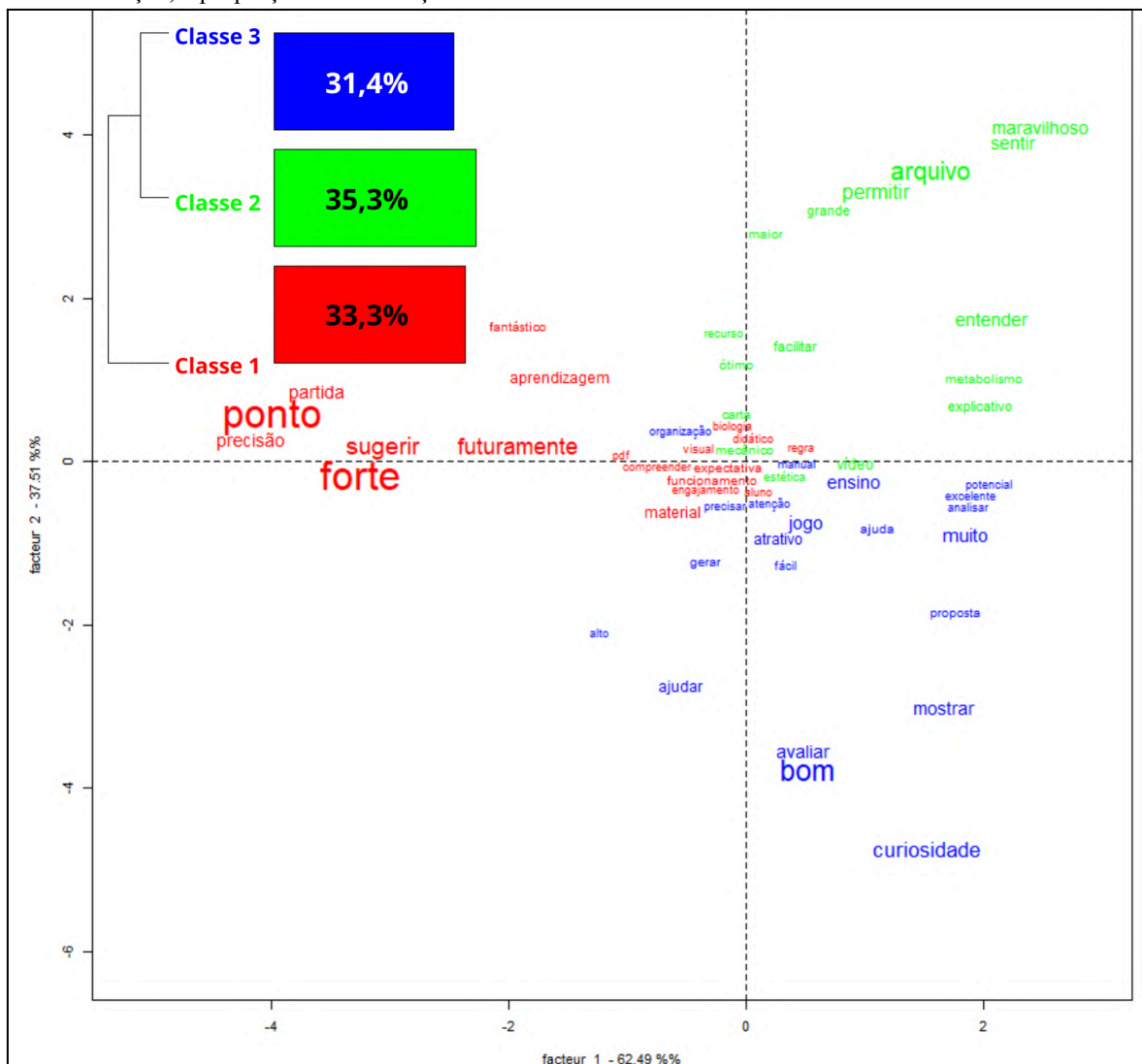
A Classe 2 emergiu como a classe mais frequente do corpus, com termos como “maravilhoso”, “explicativo”, “ótimo” e “facilitar”. Assim, juntamente com a Classe 3, com a qual forma um agrupamento, este eixo concentra as avaliações positivas sobre a estética, a mecânica e a construção do material. Os termos aqui agrupados refletem a percepção de que o jogo é visualmente atrativo e pedagogicamente viável para os alunos do Ensino Médio, reforçando as emoções de alegria e confiança apontadas pelo Syuzhet.

A Classe 1, embora posicione-se de forma isolada na ramificação, traz uma contribuição analítica vital para o aperfeiçoamento do protótipo. Ela agrupou os termos referentes à curva de aprendizagem e à logística de aplicação (como "manual", "vídeo", "regras" e "tempo"). É nesta classe isolada que residem as sugestões construtivas dos avaliadores, os quais apontaram a densidade inicial da leitura das regras e sugeriram

ferramentas facilitadoras. Esse é um desafio logístico frequentemente relatado na literatura sobre jogos de tabuleiro modernos, uma vez que a assimilação de manuais complexos atua como uma barreira de entrada (Woods, 2012) e pode gerar uma alta sobrecarga cognitiva inicial no jogador, prejudicando o fluxo do jogo e a aprendizagem (Sweller; Ayres; Kalyuga, 2011).

Para visualizar a distribuição espacial e a força de atração entre essas palavras, o corpus também foi projetado no plano da Análise Fatorial de Correspondência (AFC), como demonstra a Figura 5 .

Figura 5. Análise Fatorial de Correspondência (AFC) gerado pelo software IRAMUTEQ, demonstrando a distribuição, a proporção e a correlação das três classes lexicais identificadas nos relatos dos avaliadores.



Fonte: autoria própria (2026).

A intersecção dessas ferramentas de análise comprova que, embora o jogo exija atenção à mediação inicial de suas regras (Classe 1), a sua estrutura mecânica e visual (Classes 2 e 3) é eficaz e capaz de despertar forte otimismo acadêmico e profissional.

Nas respostas que compõem as classes acima, é possível identificar que a contextualização ecológica do processo fisiológico provou ser um dos pontos de maior destaque do recurso. Os pontos fortes apontados dialogam diretamente com as exigências da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), que preconiza a compreensão das interações entre matéria, energia e meio ambiente. Ao inserir variáveis como sombreamento e restrições hídricas, o nosso jogo retira a fotossíntese do isolamento teórico de uma equação química e a insere em um cenário ecofisiológico dinâmico. Essa abordagem alinha-se a pesquisas recentes que demonstram como os jogos de tabuleiro atuam como estratégias eficazes para potencializar a compreensão de dinâmicas e consequências sistêmicas complexas no meio ambiente, a exemplo do sucesso obtido em intervenções voltadas para ecossistemas marinhos (Leitão; Yao; Guimarães, 2025).

O dinamismo proporcionado reflete-se na análise afetiva do corpus textual. A forte presença de valências positivas e das emoções confirma a premissa de Barbosa (2020) sobre o letramento científico: metodologias ativas que envolvem desafios estimulam a curiosidade e o protagonismo discente. O engajamento não ocorre apenas pelo fator estético, que foi amplamente elogiado (Classe 3 do dendrograma), mas pela necessidade de planejamento estratégico contínuo durante as partidas.

O processo de validação por pares também demonstrou-se útil ao evidenciar alguns desafios logísticos da aplicação do jogo no cotidiano escolar, concentrados na Classe 1 da análise lexical. Para sanar a demanda por uma compreensão mais fluida das mecânicas, as sugestões dos avaliadores foram acolhidas para o aprimoramento do protótipo, incluindo explicações mais completas no manual. A versão definitiva do manual impresso contará com um *QR Code* na contracapa, direcionando estudantes e professores diretamente para um curto vídeo tutorial. Adicionalmente, desenvolveu-se uma carta extra de "Guia Rápido" contendo o resumo esquemático das três fases do turno, visando reduzir a necessidade de consulta ao manual (Apêndice D).

Quanto à preocupação latente com a viabilidade financeira de impressão para turmas numerosas na escola pública, propõe-se a aplicação em formato colaborativo. O jogo pode ser

conduzido em "duplas ou trios", nas quais dois alunos assumem o controle de um único cloroplasto, discutindo as tomadas de decisão. Essa adaptação não apenas contorna o limite de componentes físicos, como potencializa o debate e a interação social defendidos por Capece e Branco (2025). As críticas voltadas à logística fornecem os subsídios operacionais necessários para que o jogo "Fotossíntese em Ação" consolide-se como uma ferramenta didática acessível.

4. CONCLUSÃO

A abordagem de metodologia mista permitiu lidar com o complexo desafio do ensino de biologia celular a partir da estruturação e validação de um produto educacional. A análise focou tanto nos dados quantitativos de aceitação quanto nos sentimentos e nas categorias estruturais que emergiram dos discursos dos avaliadores.

Em relação ao alcance dos objetivos propostos, verifica-se que o jogo "Fotossíntese em Ação" foi validado com êxito como uma ferramenta mediadora eficaz. Os resultados evidenciam que as emoções positivas estão fortemente presentes na recepção do material, demonstrando que o rigor biológico gera confiança no corpo docente, enquanto as variáveis ecológicas do Baralho de Eventos despertam a motivação e a curiosidade necessárias para o protagonismo discente.

O processo de avaliação por pares revelou-se fundamental para o aprimoramento da ferramenta. A identificação de desafios logísticos permitiu adaptar o recurso à realidade das escolas, resultando na criação de guias rápidos de turno, na facilitação do acesso às regras e na proposição de jogabilidade em equipes.

Como limitações deste estudo, destaca-se a aplicação da pesquisa restrita à validação técnica por parte do corpo docente e de licenciandos. Para pesquisas futuras, indica-se não apenas superar essa limitação testando o jogo diretamente com alunos do Ensino Médio, mas também realizar análises comparativas, avaliando a retenção de conceitos entre turmas expostas ao recurso lúdico e turmas submetidas ao modelo tradicional.

Portanto, o presente trabalho entrega à comunidade escolar um recurso didático robusto, que rompe com a abstração conteudista e promove um aprendizado dinâmico. O desenvolvimento e a validação do jogo reforçam que a educação em ciências deve ir além da

memorização, proporcionando vivências investigativas que exijam raciocínio lógico e gestão de sistemas complexos.

5. REFERÊNCIAS

BAIKULOVA, A. *et al.* Leveraging digital interactive didactic games to enhance cognitive development in preschool education. **E-Learning and Digital Media**, Thousand Oaks, v. 23, n. 1, p. 1-18, 2026. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/20427530241261294>. Acesso em: 28 maio 2026.

BARBOSA, M. L. O.; MARÍN-SUELVE, D. Content and sentiment analysis of autobiographical narratives of experienced and well-evaluated teachers in Spain. **Education Sciences**, Basel, v. 14, n. 6, p. 642, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/14/6/642>. Acesso em: 28 maio 2026.

BARBOSA, M. S. A. **Metodologias ativas no ensino de biologia**: a produção de jogos didáticos como estratégia ao letramento científico. 2020. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Educação, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/18595>. Acesso em: 28 maio 2026.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 28 maio 2026.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. **Temas em Psicologia**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 2, p. 513-518, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/5137/513751532016.pdf>. Acesso em: 28 maio 2026.

CAMPELO, R. H. *et al.* Um panorama sobre o uso de jogos didáticos de Biologia. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 16, 2023. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/23/16/um-panorama-sobre-o-uso-de-jogos-didaticos-de-biologia>. Acesso em: 28 maio 2026.

CAPECE, J. F.; BRANCO, A. U. Jogos cooperativos e a qualidade das interações sociais em sala de aula: contribuições da psicologia cultural. **ARACÊ - Direitos Humanos em Revista**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 4, 2025. Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/4673>. Acesso em: 28 maio 2026.

CONCEIÇÃO, A. R. da; MOTA, M. D. A.; BARGUIL, P. M. Jogos didáticos no ensino e na aprendizagem de Ciências e Biologia: concepções e práticas docentes. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, SP, v. 9, n. 5, p. e165953290, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3290>. Acesso em: 28 maio 2026.

CORDEIRO, S. T. P. **Desenvolvimento de jogo para o ensino de Biologia**: ludo da fotossíntese. 2015. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1924>. Acesso em: 28 maio 2026.

DONÁ, Fernanda Ticianelli de Oliveira. **Fotossíntese**: desenvolvimento e aplicação de jogo interativo com alunos da 1ª série do ensino médio. 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Docência para a Educação Básica) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/07c23054-c5b1-40eb-9b81-dacff10a3c06f>. Acesso em: 28 maio 2026.

ESPINOZA, Cecilia; ORVIS, Kathryn S.; BROPHY, Sean P. Learning the electron transport chain process in photosynthesis using video and serious game. **Journal of Biological Education**, Londres, v. 56, n. 4, p. 376-396, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00219266.2020.1808511>. Acesso em: 28 maio 2026.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987. Disponível em: https://www.letras.ufmg.br/espanhol/pdf/pedagogia_do_oprimido.pdf. Acesso em: 28 maio 2026.

JEONG, J. S.; YLLANA PRIETO, F.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, D. Gamification to work on the numbers in a mathematics course: study of emotions and performance in higher education. **Journal of Technology and Science Education**, Barcelona, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2026. Disponível em: <https://www.jotse.org/index.php/jotse/article/view/3813>. Acesso em: 28 maio 2026.

JOCKERS, M. L. **Syuzhet**: extract sentiment and plot arcs from text. [Software de computador]. Versão de 12 ago. 2023. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/syuzhet/syuzhet.pdf>. Acesso em: 28 maio 2026.

LEITÃO, R.; YAO, S.; GUIMARÃES, L. An augmented reality board game to work ocean literacy dimensions. **Education and Information Technologies**, Nova York, v. 30, n. 13, p. 19245-19268, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-025-13519-3>. Acesso em: 28 maio 2026.

LIESENFELD, V. *et al.* Fotossíntese: utilização de um modelo didático interativo para o processo de ensino e aprendizagem. **Revista de Ensino de Bioquímica**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 9-26, 2015. Disponível em: <https://tinyurl.com/5n72vjd7>. Acesso em: 28 maio 2026.

OLIVEIRA, M. L. de *et al.* O jogo Quiz aplicado ao ensino de Biologia Celular: uma abordagem lúdica para construção do conhecimento científico no espaço universitário. **Interação - Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão**, Varginha, v. 14, n. 14, p. 148-168, 2012. Disponível em: <https://periodicos.unis.edu.br/interacao/article/view/53>. Acesso em: 28 maio 2026.

PIRES, D. F.; SILVA, J. R. de F.; BARBOSA, M. L. de O. Rotação por estações no ensino de embriologia: uma proposta combinando modelos tridimensionais e o ensino híbrido. **Revista de Estudios y Experiencias en Educación**, Concepción, v. 20, n. 43, p. 415-436, 2021. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/2431/243168246023/html/>. Acesso em: 28 maio 2026.

PLUTCHIK, R. The nature of emotions: human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice. **American Scientist**, Research Triangle Park, v. 89, n. 4, p. 344-350, 2001. Disponível em: <https://www.americanscientist.org/article/the-nature-of-emotions>. Acesso em: 28 maio 2026.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. E-book. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 28 maio 2026.

RATINAUD, P. **IRAMUTEQ**: interface de R para análises multidimensionais de textos e questionários. [Software de computador]. Toulouse: LERASS, 2009. Disponível em: <http://www.iramuteq.org>. Acesso em: 28 maio 2026.

SANTOS, J. E. B. dos; RODRIGUES, B. M.; VASCONCELOS, C. A. de. O uso de games nos anos iniciais do ensino fundamental: o que dizem as pesquisas. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, Cascavel, v. 5, n. 1, p. 209-225, 2021. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/rebecem/article/view/25735>. Acesso em: 28 maio 2026.

SILVA, Fábio Augusto Rodrigues e; LANA, Márcia Priscilla Castro. O lúdico no ensino de fotossíntese: jogo de baralho para a Educação Básica. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, Foz do Iguaçu, v. 3, n. 1, p. 137-149, 2019. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/view/1733>. Acesso em: 28 maio 2026.

SOUZA, Joelson Carvalho; HICKMANN, Adolfo Antonio; ASINELLI-LUZ, Araci; HICKMANN, Girlane Moura. A influência das emoções no aprendizado de escolares. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, [S.L.], v. 101, n. 258, p. 6-29, 31 ago. 2020. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. <http://dx.doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.101i258.4279>.

SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. **Cognitive load theory**. Nova York: Springer, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-8126-4>. Acesso em: 28 maio 2026.

TODA, A. M. *et al.* The dark side of gamification: an overview of negative effects of gamification in education. In: **Higher Education for All**: from challenges to novel technology-enhanced solutions. Cham: Springer, 2018. p. 143-156. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-97934-2_9. Acesso em: 28 maio 2026.

TORRES, Devine May *et al.* A Game-Based Learning Material for Developing Students' Conceptual Understanding of Photosynthesis. **Journal of Innovation, Advancement, and Methodology in STEM Education**, Bangkok, v. 1, n. 3, 2024. Disponível em: https://so13.tci-thaijo.org/index.php/J_IAMSTEM/article/view/693. Acesso em: 28 maio 2026.

WOODS, S. **Eurogames**: the design, culture and play of modern European board games. Jefferson: McFarland & Company, 2012. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/401713736/Stewart-Woods-2012-Eurogames-The-Design-Culture-and-Play-of-Modern-European-Board-Games-pdf>. Acesso em: 28 maio 2026.

APÊNDICE A - Instrumento de Coleta de Dados (Questionário de Validação)

Validação Técnica e Pedagógica do Jogo "Fotossíntese em Ação".

Cabeçalho: Este questionário faz parte da pesquisa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Kellvn Tadeu Rocha Bessa, estudante de Licenciatura em Biologia no Instituto Federal de Brasília - Campus Planaltina, sob orientação da Profª Dra. Mayara Lustosa de Oliveira Barbosa. O objetivo é validar o rigor e o potencial educativo do jogo "Fotossíntese em Ação" por meio da análise de seus materiais estruturais. Sua participação é voluntária e anônima, e os dados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

1. Selecione a opção que melhor descreve seu perfil de atuação e tempo de experiência (ou semestre atual):
 - a) Professor(a) de Ciências (Ensino Fundamental) - Até 5 anos de experiência;
 - b) Professor(a) de Ciências (Ensino Fundamental) - Mais de 5 anos de experiência;
 - c) Professor(a) de Biologia (Ensino Médio) - Até 5 anos de experiência;
 - d) Professor(a) de Biologia (Ensino Médio) - Mais de 5 anos de experiência;
 - e) Estudante de Licenciatura em Biologia - 1.º ao 4.º semestre;
 - f) Estudante de Licenciatura em Biologia - 5.º semestre em diante.
 - g) Licenciado(a) em Biologia (Não atuante na Educação Básica) – Até 5 anos de formação.
 - h) Licenciado(a) em Biologia (Não atuante na Educação Básica) – Mais de 5 anos de formação.

Seção 2: Análise Técnica e Pedagógica

Com base na leitura do manual, na análise das cartas e no vídeo explicativo, indique seu nível de concordância com as seguintes afirmações.

Legenda da Escala: Concordo Totalmente (CT), Concordo (C), Discordo (D), Discordo Totalmente (DT)

1. O material apresenta corretamente os conceitos e em um nível adequado para o Ensino Médio.
2. As explicações do manual e do vídeo são suficientes para que um docente ou estudante compreenda a dinâmica do jogo.
3. A mecânica de gerenciamento de recursos e os eventos climáticos podem gerar um bom engajamento para estudantes do Ensino Médio.
4. A estrutura das regras indica que o aluno precisará utilizar o raciocínio lógico e tomar decisões estratégicas.
5. As mecânicas mostram potencial para promover o debate entre os alunos.
6. O vocabulário e a complexidade das regras são compatíveis com a 1ª série do Ensino Médio e/ou Itinerários Formativos relacionados ao tema.
7. A transformação das rotas metabólicas em mecânicas táticas trouxe uma percepção de novidade pedagógica.

8. Pela organização apresentada, o recurso é viável para ser aplicado no tempo regular de aula.
9. As informações apresentadas no jogo são claras e fáceis de compreender.
10. O design visual do jogo é atrativo.
11. O jogo favorece a interação (com outros jogadores ou com o conteúdo).
12. Eu recomendaria esse jogo para outros estudantes ou professores.

Seção 3: Projeção de Expectativas e Sentimentos

Instrução: Sua resposta nesta seção será fundamental para a avaliação do jogo. Por favor, detalhe suas impressões usando termos que descrevem adequadamente suas sensações.

1. Se você tivesse que descrever suas emoções ou sentimentos em relação ao funcionamento do jogo e à organização estética, como você descreveria?

Seção 4: Análise crítica

Instrução: Por favor, seja detalhista em suas sugestões, críticas ou elogios.

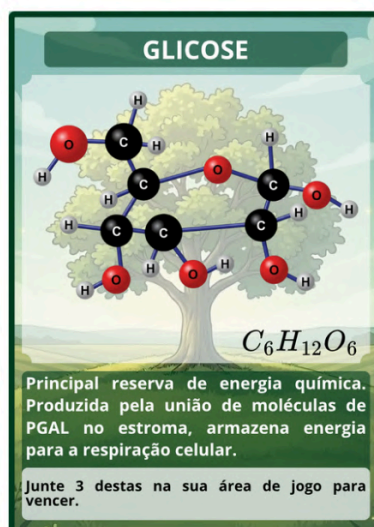
1. Quais são os pontos fortes e o que você mudaria para que o jogo fosse mais atrativo e acessível para os estudantes?

APÊNDICE B - Amostra Representativa das Cartas e Fichas do Jogo

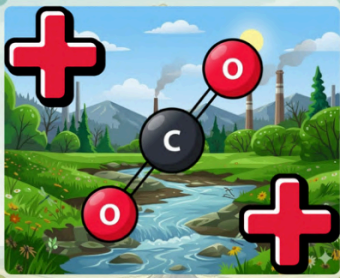
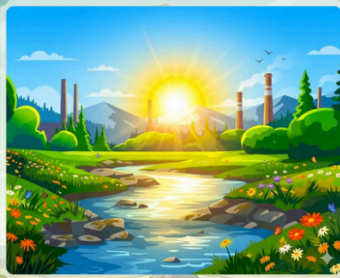
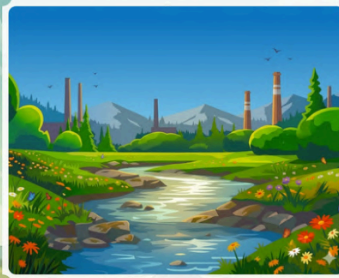
NADPH

ATP

O₂
Oxigênio





BÔNUS DE CO₂  Aumento na concentração de carbono atmosférico. A enzima Rubisco acelera a fixação orgânica. Todos os jogadores compram 3 cartas na Fase de Coleta.	DIA ENSOLARADO  Pico de radiação solar. A alta densidade de fótons satura os fotossistemas, otimizando a captação de energia. Reações de Fase Clara (Cíclica e Acíclica) custam apenas 1 Luz Solar cada.	CLIMA ESTÁVEL  Condições ambientais em equilíbrio de temperatura e umidade. O metabolismo da planta opera em sua taxa basal. Sem alterações. Siga as regras padrão de custo.
POLUIÇÃO  Partículas em suspensão criam uma barreira física, reduzindo a incidência solar e dificultando as trocas gasosas com o ambiente. Jogadores compram no máximo 1 carta na Fase de Coleta (em vez de 2).	LUZ VERDE  A clorofila absorve luz nos espectros azul e vermelho, mas reflete o verde, tornando-o ineficaz para a fotossíntese. Custos de Luz Solar são dobrados para todas as reações neste turno.	ESTRESSE HÍDRICO  Falta de água no solo. A planta fecha os estômatos para evitar a transpiração, reduzindo a entrada de reagentes. Todos os jogadores revelam suas mãos para a mesa. Aqueles que possuírem cartas de Água (H₂O) devem descartar 1 imediatamente.
NUVENS PESADAS  O bloqueio por nuvens reduz a irradiância. A planta precisa de mais tempo de exposição para captar a mesma quantidade de energia. Reações de Fase Clara custam +1 Luz Solar extra cada.	NOITE  Ausência total de luz solar. Sem fótons, o fluxo de elétrons para e as enzimas do Ciclo de Calvin são inativadas pela falta de estímulo luminoso. Nenhum jogador pode produzir ATP, NADPH ou Glicose neste turno.	FOTOSÍNTESE EM AÇÃO  EVENTOS

APÊNDICE C - Fotografias dos Componentes Físicos do Jogo



APÊNDICE D - Manuais de Regras do Jogo "Fotossíntese em Ação"

D.1 - Manual Reduzido: Focado na fluidez, contendo as regras essenciais.



VISÃO GERAL E OBJETIVO

Controle uma célula vegetal, gerencie recursos, sobreviva às mudanças climáticas e prove que a sua planta é a mais eficiente.

Jogadores: 2 a 4 | **Tempo estimado:*** 20-30 minutos | **Idade:** 14+

COMPONENTES (CARTAS E FICHAS)

PERMANENTES E DE OBJETIVO

- 4x Clorofila (1 por jogador)
- 15x Glicose ($C_6H_{12}O_6$)

EVENTOS

- 4x Clima Estável
- 2x Dia Ensolarado
- 2x Bônus de CO_2
- 2x Noite
- 2x Nuvens Pesadas
- 1x Estresse Hídrico
- 1x Poluição
- 1x Luz Verde

PRINCIPAL

- 30x Luz Solar
- 20x Água (H_2O)
- 10x Dióxido de Carbono (CO_2)
- 4x Fertilizantes
- 4x Sombreamento

FICHAS

- 25x Fichas Amarelas (ATP)
- 20x Fichas Rosa (NADPH)
- 30x Fichas Azuis (Oxigênio - O_2)

PREPARAÇÃO DA PARTIDA (SETUP)

1. Cada jogador recebe 1 Tabela de Reação e 1 Carta de Clorofila, que já começa virada para cima na área de jogo.
2. Agrupe as fichas de ATP, NADPH e O_2 no centro da mesa para formar o Banco. Deixe a pilha de Glicose ao lado.
3. Embaralhe o Baralho Principal e o Baralho de Eventos separadamente e coloque-os no centro da mesa.
4. Cada jogador compra 6 cartas do Baralho Principal.

O jogador que plantou uma árvore mais recentemente é o Primeiro Jogador. O turno segue no sentido horário.

ANATOMIA DO TURNO

O turno de cada jogador possui 3 Fases Obrigatórias, resolvidas nesta ordem:

Fase 1: O Clima (Evento Ambiental)

Revele a carta do topo do Baralho de Eventos. O efeito afeta todos os jogadores durante o turno atual. Após o uso, descarte a carta.

Fase 2: Coleta

O jogador da vez compra 2 cartas do topo do Baralho Principal.

- **Limite de Mão:** Você pode ter no máximo 8 cartas. Se ultrapassar esse limite, escolha e descarte o excesso imediatamente.

Fase 3: Produção (A Fábrica Celular)

Ative as reações abaixo quantas vezes desejar, na ordem que preferir, desde que pague os custos correspondentes:

A. Fotofosforilação Acíclica (Nos Tilacoides)

- **Custo:** Descarte 2 Águas e 2 Luz Solar da mão.
- **Efeito:** Pegue no Banco 1 ATP, 1 NADPH e 1 O₂.

B. Fotofosforilação Cíclica (Nos Tilacoides)

- **Custo:** Descarte 2 Luz Solar da mão.
- **Efeito:** Pegue no Banco 1 ATP.

C. Produção Química (Ciclo de Calvin no Estroma)

- **Custo:** Descarte 1 Dióxido de Carbono da mão. Devolva ao Banco 3 ATP e 2 NADPH.
- **Efeito:** Pegue 1 carta de Glicose e coloque na sua área de jogo.

D. OPCIONAL - Trocas Gasosas (Nos Estômatos)

- **Custo:** Descarte 2 fichas de Oxigênio (O₂).
- **Efeito:** Vasculhe a Pilha de Descarte e coloque 1 carta de Dióxido de Carbono (CO₂) na sua mão. Atenção: Se não houver nenhum CO₂ no descarte, a ação falha e as fichas de O₂ pagas são perdidas.

REGRAS GERAIS E FIM DE JOGO

1. **Reciclagem:** Se o Baralho Principal ou o de Eventos acabar, embaralhe a respectiva Pilha de Descarte para formar um novo monte.
2. **Fim da Partida:** O jogo entra na rodada final assim que um jogador baixar a sua 3ª Glicose. A partida continua até que todos completem a rodada atual.
3. **Vitória:** Ao final desta rodada, quem tiver 3 Glicoses ganha o jogo!
4. **Desempate:** Caso dois ou mais jogadores terminem a partida com 3 Glicoses, o vencedor será decidido pela seguinte ordem de recursos acumulados:
 - Maior quantidade de fichas de Oxigênio (O₂).
 - Maior quantidade de fichas de ATP.
 - Caso o empate persista, a vitória será compartilhada entre os jogadores.

***Obs.:** A duração da partida poderá ser adaptada ao tempo disponível na aula. Regra: Estipula-se um tempo limite (por exemplo, 10 minutos). Vence o jogador que acumular a maior quantidade de glicose. Os critérios de desempate permanecem os mesmos.

GLOSSÁRIO

Antes de jogar, entenda o funcionamento das estruturas e moléculas da sua célula:

ATP (Trifosfato de Adenosina): A "moeda de energia" da célula. Funciona como uma bateria que fornece a força necessária para construir os açúcares.

NADPH: O transportador celular. Ele carrega elétrons energizados e átomos de hidrogênio (retirados da água) que serão usados para montar a glicose.

PGAL (Gliceraldeído-3-fosfato): O primeiro produto real da fotossíntese. A união de dois PGALs forma a molécula de Glicose.

Rubisco: A enzima responsável por capturar o gás carbônico (CO_2) do ar e fixá-lo na planta.

Tilacoides: Estruturas internas do cloroplasto onde ficam as clorofilas. É o local onde ocorre a captação de luz (Fase Clara).

Estroma: O fluido interno do cloroplasto. É nele que as reações de construção do açúcar (Ciclo de Calvin) acontecem.

D.2 - Manual Completo (versão com acessibilidade visual): Contendo o detalhamento de todas as regras, funcionamento de cada carta e com possibilidade de ser formatado em fonte ampliada para estudantes com baixa visão.

FOTOSSÍNTESE EM AÇÃO

LIVRO DE REGRAS - DETALHADO

Controle uma célula vegetal, gerencie recursos, sobreviva às mudanças climáticas e prove que a sua planta é a mais eficiente.

Jogadores: 2 a 4 | **Tempo estimado:** * 20-30 minutos | **Idade:** 14+

1. VISÃO GERAL E OBJETIVO

No papel de uma célula vegetal em desenvolvimento, seu objetivo é absorver recursos do ambiente e processá-los nos cloroplastos. Utilizando vias metabólicas cíclicas e acíclicas para realizar a fotossíntese, vence o primeiro jogador a produzir 3 Cartas de Glicose ($C_6H_{12}O_6$).

2. GLOSSÁRIO DO CLOROPLASTO

Antes de jogar, entenda o funcionamento das estruturas e moléculas da sua célula:

ATP (Trifosfato de Adenosina): A "moeda de energia" da célula. Funciona como uma bateria que fornece a força necessária para construir os açúcares.

NADPH: O transportador celular. Ele carrega elétrons energizados e átomos de hidrogênio (retirados da água) que serão usados para montar a glicose.

PGAL (Gliceraldeído-3-fosfato): O primeiro produto real da fotossíntese. A união de dois PGALs forma a molécula de Glicose.

Rubisco: A enzima responsável por capturar o gás carbônico (CO_2) do ar e fixá-lo na planta.

Tilacoides: Estruturas internas do cloroplasto onde ficam as clorofilas. É o local onde ocorre a captação de luz (Fase Clara).

Estroma: O fluido interno do cloroplasto. É nele que as reações de construção do açúcar (Ciclo de Calvin) acontecem.

3. COMPONENTES E DESCRIÇÃO DAS CARTAS

BARALHO PRINCIPAL (68 CARTAS DE RECURSO)

- **30x Luz Solar**

Texto: "A energia radiante viaja em pacotes chamados fótons. Nos tilacoides, eles excitam os elétrons da clorofila, iniciando o fluxo de energia."

Regra: Recurso essencial para as fases de Fotofosforilação Cíclica e Acíclica.

- **20x Água (H_2O)**

Texto: "Doadora primária de elétrons. Na fotólise, a molécula é quebrada, fornecendo prótons e elétrons para a cadeia transportadora."

Regra: Usada na Fotofosforilação Acíclica. Gera Oxigênio (O_2) como subproduto.

- **10x Dióxido de Carbono (CO_2)**

Texto: "Capturado através dos estômatos, este gás fornece o carbono que será fixado pela enzima Rubisco para construir açúcares."

Regra: Usado para ativar o Ciclo de Calvin (Produção Química).

- **4x Fertilizantes**

Texto: "A absorção de minerais fortalece as enzimas da fase clara, acelerando o fluxo de elétrons e a geração de poder redutor."

Regra: Jogue esta carta durante a Via Acíclica para ganhar 1 NADPH extra.

- **4x Sombreamento**

Texto: "Sua planta investiu energia no crescimento vertical, cobrindo as folhas das plantas vizinhas e bloqueando a incidência solar direta sobre elas."

Regra: Descarte esta carta. Escolha um oponente; ele revela a mão e lhe entrega uma carta de Luz Solar, se possuir.

CARTAS PERMANENTES E DE OBJETIVO (19 CARTAS)

- **4x Clorofila (1 por jogador)**

Texto: "Pigmento localizado na membrana dos tilacoides. Funciona como uma antena, captando comprimentos de onda para a conversão de energia."

Regra: Carta permanente. Fica na sua área de jogo e é requisito para realizar a Fase de Produção.

- **15x Glicose (C₆H₁₂O₆)**

Texto: "Principal reserva de energia química. Produzida pela união de moléculas de PGAL no estroma, armazena energia para a respiração celular."

Regra: **Condição de Vitória.** O primeiro jogador a baixar 3 destas na sua área de jogo vence a partida.

BARALHO DE EVENTOS: O CLIMA (15 CARTAS)

- **4x Clima Estável (Neutro)**

Texto: "Condições ambientais em equilíbrio de temperatura e umidade. O metabolismo da planta opera em sua taxa basal."

Regra: Nenhum efeito extra neste turno.

- **2x Dia Ensolarado (Positivo)**

Texto: "Pico de radiação solar. A alta densidade de fótons satura os fotossistemas, otimizando a captação de energia."

Regra: As reações Acíclica e Cíclica custam apenas **1 Luz Solar** cada neste turno.

- **2x Bônus de CO₂ (Positivo)**

Texto: "Aumento na concentração de carbono atmosférico. A enzima Rubisco acelera a fixação orgânica."

Regra: Todos os jogadores compram **3 cartas** na Fase de Coleta (em vez de 2).

- **2x Noite (Negativo)**

Texto: "Ausência de luz solar. O fluxo de elétrons para e as enzimas do Ciclo de Calvin são inativadas."

Regra: **Fase 3 (Produção) bloqueada.** Nenhuma ação de produção pode ser feita neste turno.

- **2x Nuvens Pesadas (Negativo)**

Texto: "O bloqueio por nuvens reduz a irradiância. A planta precisa de mais tempo de exposição para captar energia."

Regra: As reações Acíclica e Cíclica custam **1 Luz Solar extra** neste turno.

- **1x Estresse Hídrico (Negativo)**

Texto: "Falta de água no solo. A planta fecha os estômatos para evitar a transpiração, reduzindo a entrada de reagentes."

Regra: Todos os jogadores revelam suas mãos para a mesa. Aqueles que possuírem cartas de Água (H₂O) devem descartar 1 imediatamente.

- **1x Poluição - Bloqueio Atmosférico (Negativo)**

Texto: "Partículas em suspensão bloqueiam a incidência solar e dificultam as trocas gasosas."

Regra: Os jogadores compram no máximo **1 carta** na Fase de Coleta durante este turno.

- **1x Luz Verde (Negativo)**

Texto: "A clorofila absorve luz nos espectros azul e vermelho, mas reflete o verde, tornando-o ineficaz para a fotossíntese."

Regra: Os custos de Luz Solar são **dobrados** para todas as reações neste turno.

FICHAS

Estas peças representam os recursos gerados durante as reações:

Ficha Amarela (ATP): Energia química imediata, gerada nos tilacoides.

Ficha Rosa (NADPH): Poder redutor, necessário para o Ciclo de Calvin.

Ficha Azul (Oxigênio - O₂): Resíduo produzido durante a quebra da água. Serve como critério de desempate.

4. PREPARAÇÃO DA PARTIDA (SETUP)

1. Cada jogador recebe 1 **Tabela de Reação** e 1 Carta de **Clorofila**, que já começa virada para cima na área de jogo.
2. Agrupe as fichas de ATP, NADPH e O₂ no centro da mesa para formar o Banco. Deixe a pilha de Glicose ao lado.
3. Embaralhe o Baralho Principal e o Baralho de Eventos separadamente e coloque-os no centro da mesa.
4. Cada jogador compra 6 cartas do Baralho Principal.
5. O jogador que plantou uma árvore mais recentemente é o Primeiro Jogador. O turno segue no sentido horário.

5. A ANATOMIA DO TURNO

O turno de cada jogador possui **3 Fases Obrigatórias**, resolvidas nesta ordem:

Fase 1: O Clima (Evento Ambiental)

Revele a carta do topo do Baralho de Eventos. O efeito afeta **todos os jogadores** durante o turno atual. Após o uso, descarte a carta.

Fase 2: Coleta

O jogador da vez **compra 2 cartas** do topo do Baralho Principal.

- **Limite de Mão:** Você pode ter no máximo **8 cartas**. Se ultrapassar esse limite, escolha e descarte o excesso imediatamente.

Fase 3: Produção (A Fábrica Celular)

Ative as reações abaixo quantas vezes desejar, na ordem que preferir, desde que pague os custos correspondentes:

A. Fotofosforilação Acíclica (Nos Tilacoides)

- **Processo:** Usa luz para quebrar a água, gerando energia e poder redutor.
- **Custo:** Descarte **2 Águas** e **2 Luz Solar** da mão.
- **Efeito:** Pegue no Banco **1 ATP, 1 NADPH e 1 O₂**.

B. Fotofosforilação Cíclica (Nos Tilacoides)

- **Processo:** Circuito que usa apenas luz para focar na produção exclusiva de energia (ATP).
- **Custo:** Descarte **2 Luz Solar** da mão.
- **Efeito:** Pegue no Banco **1 ATP**. (Esta via não usa água e não gera NADPH ou O₂).

C. Produção Química (Ciclo de Calvin no Estroma)

- **Processo:** Utiliza a energia gerada para fixar o carbono e sintetizar açúcares.
- **Custo:** Descarte **1 Dióxido de Carbono** da mão. Devolva ao Banco **3 ATP e 2 NADPH**.
- **Efeito:** Pegue 1 carta de **Glicose** e coloque na sua área de jogo.

D. OPCIONAL - Trocas Gasosas (Nos Estômatos)

- **Processo:** Libera o oxigênio excedente na atmosfera para tentar absorver gás carbônico disponível no ambiente.
- **Custo:** Devolva ao Banco 2 fichas de Oxigênio (O₂).
- **Efeito:** Vasculte a Pilha de Descarte e coloque 1 carta de Dióxido de Carbono (CO₂) na sua mão. **Atenção:** Se não houver nenhum CO₂ no descarte, a ação falha e as fichas de O₂ pagas são perdidas.

6. REGRAS GERAIS E FIM DE JOGO

- **Reciclagem:** Se o Baralho Principal ou o de Eventos acabar, embaralhe a respectiva Pilha de Descarte para formar um novo monte.
- **Fim da Partida:** O jogo entra na rodada final assim que um jogador baixar a sua 3ª Glicose. A partida continua até que todos completem a rodada atual.
- **Vitória:** Ao final desta rodada, quem tiver **3 Glicoses** ganha o jogo!
- **Desempate:** Caso dois ou mais jogadores terminem a partida com 3 Glicoses, o vencedor será decidido pela seguinte ordem de recursos acumulados:
 - Maior quantidade de fichas de **Oxigênio (O₂)**.
 - Maior quantidade de fichas de **ATP**.
 - Caso o empate persista, a vitória será compartilhada entre os jogadores.

***Obs.:** A duração da partida poderá ser adaptada ao tempo disponível na aula. **Regra:** Estipula-se um tempo limite (por exemplo, 10 minutos). Vence o jogador que acumular a maior quantidade de glicose. Os critérios de desempate permanecem os mesmos.

Curso Superior de Licenciatura em Biologia

ATA DE DEFESA DO TCC

Às 10h do dia 08/06/2026, pela plataforma Google Meet, reuniu-se a banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da Licenciatura em Biologia do Campus Planaltina do IFB, sob a presidência da orientadora Prof.^a Dr.^a Mayara Lustosa de Oliveira Barbosa e participação da examinadora Prof.^a Dr.^a Renata Henrique Santana, presentes para avaliar o TCC intitulado: "Planejamento, Desenvolvimento e Avaliação do Jogo Didático "Fotossíntese em Ação", apresentado pelo discente Kellvn Tadeu Rocha Bessa, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Biologia. A presidência declarou instalados os trabalhos, dando início à mencionada apresentação que durou cerca de 21 minutos. Em seguida, foram realizadas as perguntas da examinadora. Na sequência, a banca se retirou para deliberações e cálculo da média. Em seguida, a banca retornou à plataforma, ocasião em que a presidência leu o resultado alcançado, que é o seguinte:

MÉDIA igual a 10,0

Recomendação:

() Aceito sem modificação

(X) Aceito com modificações, tendo o prazo de 7 dias corridos para entrega da versão final (15/06).

() Recusado

Nada mais havendo para ser tratado, a presidência deu por encerrados os trabalhos às 10:52 h, agradecendo aos presentes e lavrando esta ata, que depois de lida e aprovada, é enviada ao e-mail do(a) discente e da examinadora para anuência e assinaturas.

Obs: caso o(a) discente não entregue a versão final, haverá restrições relativas à emissão de documentos por parte do registro acadêmico, tais como: declaração de conclusão de curso, histórico escolar completo, diplomas e outros documentos inerentes às informações comprobatórias de conclusão deste curso.

Documento assinado digitalmente
 **KELLVN TADEU ROCHA BESSA**
Data: 09/06/2026 15:18:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Estudante: Kellvn Tadeu Rocha Bessa

Documento assinado digitalmente
 **RENATA HENRIQUE SANTANA**
Data: 10/06/2026 14:33:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Examinadora: Prof.^a Dr.^a Renata Henrique Santana

Documento assinado digitalmente
 **MAYARA LUSTOSA DE OLIVEIRA BARBOSA**
Data: 09/06/2026 15:49:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Mayara Lustosa de Oliveira Barbosa