



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

DIOGO ANTÔNIO ROQUE GOMES

**AMIZADES ENRAIZADAS: DESVENDANDO AS RELAÇÕES MICORRÍZICAS
POR MEIO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHO NO ENSINO BÁSICO**

RECIFE

2025

DIOGO ANTÔNIO ROQUE GOMES

**AMIZADES ENRAIZADAS: DESVENDANDO AS RELAÇÕES MICORRÍZICAS
POR MEIO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHO NO ENSINO BÁSICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Giselle Gomes Monteiro Fracetto

Coorientador: Dr. Felipe José Cury Fracetto

RECIFE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

G633a Gomes, Diogo Antonio Roque.
Amizades enraizadas: desvendando as relações micorrízicas por meio de histórias em quadrinhos (HQs) no ensino básico / Diogo Antonio Roque Gomes. - Recife, 2025.
58 f.; il.

Orientador(a): Giselle Gomes Monteiro Fracetto.
Co-orientador(a): Felipe José Cury Fracetto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Ciências Biológicas, Recife, BR-PE,
2025.

Inclui referências e apêndice(s).

1. Histórias em quadrinhos. 2. Micorriza . 3. Biologia - Estudo e ensino. 4. Microbiologia do solo
5. Material didático. I. Fracetto, Giselle Gomes Monteiro, orient. II. Fracetto, Felipe José Cury, coorient. III. Título

CDD 574

DIOGO ANTÔNIO ROQUE GOMES

**AMIZADES ENRAIZADAS: DESVENDANDO AS RELAÇÕES MICORRÍZICAS
POR MEIO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHO NO ENSINO BÁSICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 26/06/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Giselle Gomes Monteiro Fracetto (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. Caroline Miranda Biondi
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. Cintia Caroline Gouveia da Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Nenhum de nós aqui fez isso sozinho. Somos cada um uma colcha de retalhos daqueles que nos amaram e nos amam. Aqueles que acreditaram em nosso futuro. Aqueles que nos mostraram empatia e gentileza, ou nos disseram a verdade, mesmo quando não era fácil de ouvir. Aqueles que nos disseram que conseguiríamos, quando não havia absolutamente nenhuma prova disso. Alguém que leu histórias para nós, ensinou-nos a sonhar e ofereceu um código moral de certo e errado para tentarmos viver. Alguém se esforçou ao máximo para explicar todos os conceitos deste mundo insanamente complexo para a criança que erámos. Por isso, dedico este trabalho, minha vida, minha carreira acadêmica passada, presente e futura e minhas conquistas a todos aqueles que, sob muito sol, fizeram-me chegar até aqui com muita sombra e água fresca. E ao meu Eu que não se curvou a todos os obstáculos do caminho e agora floresce por entre as rachaduras da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que sempre colocou no meu caminho pessoas incríveis para me acompanharem na estrada da vida. Ele nunca me desamparou. Principalmente pela interseção de Maria, minha mãe do Céu, que todos os dias me protege com seu manto e, mesmo com muito frio, fico aquecido. Também À Santa Teresinha do Menino Jesus, minha querida e amada santa, que sempre enche minha vida de rosas e renova minha esperança.

Aos meus pais, meus amados e queridos companheiros, que são meus amigos, ouvintes e protetores. Todos os dias minha mãe me levou na Universidade, me ajudou, fez almoço, ligou, irrigou milho comigo e segurou todas as minhas barras quando eu não suportava mais segurar. Meu pai, que mesmo sem saber direito as maluquices científicas que faço, sempre me apoia em tudo, me encoraja e demonstra seu amor e orgulho por mim nos mínimos detalhes. A eles devo tudo quem sou.

Ao meu irmão Dodinha que amo como uma planta ama um fungo micorrízico.

Às minhas avós. Lurdes de meu pai que me viu entrar na universidade, mas que no meio do percurso foi descansar eternamente, a ela muito amor e luz, saiba que velo sempre por você. Lurdes de minha mãe, aquela que me olha como se eu ainda fosse o menino de 4 anos correndo pela sua casa usando cueca e todo sujo, a ela todo carinho, amor e respeito. Regina, minha bisavó, que partiu quando eu estava no quinto período, obrigado por tudo que fez por mim.

À minha orientadora Giselle. Minha madrinha, que me adotou como um filho e me fez enxergar beleza na vida do solo. Obrigado por tudo Gi, sou eternamente grato a todos os esforços, conselhos, risos, conhecimentos, ensinamentos. Sinta, por meio desse parágrafo, todo amor e respeito que sinto por você. Também ao meu grande amigo, pai científico e coorientador Felipe. Você é essencial na minha vida, sempre me ajudando e mostrando o potencial que tenho, mesmo quando não vejo isso. Obrigado por abrir as portas da vida e da casa de vocês para mim e todos da micro. Amo vocês e sempre estarão no meu coração.

Aos meus amigos que fiz na caminhada universitária. Especialmente Gabryella, minha grande pequena pessoa. Você é um ponto de alegria, amor e acolhimento que eu atraco minha canoa sempre que vejo. Obrigado, minha amiga por tudo. À Cintia, aquela que admiro, que me ensinou milhares de coisas e me ensina todos os dias. Você é fundamental na minha vida. Obrigado por tudo que você fez, faz e fará por mim. À Eduarda, minha irmã, que somos mais parecidos que diferentes, que sempre olha para mim como um olhar de amor. À Gabriela, minha companheira de dança, de abraços, de risos e alegrias, você é uma luz nas nossas vidas. À

Raysa, minha pequena grande agrônoma, que eu amo e tenho um imenso carinho, obrigado por ser minha amiga e irmã.

Ao meu Amado Diogo, obrigado por tudo que você já fez e faz por mim, meu amor. Sou muito feliz em ser seu namorado e amigo, sempre que estamos juntos é dia de festa, festa do amor. Sou imensamente grato a você por me apoiar em tudo e me impulsionar a crescer.

Aos meus colegas e companheiro de Laboratório e de sala de aula. Obrigado a todos aqueles parceiros que estiveram comigo nessa jornada de graduação e de ciência.

A Gabriel meu grande amigo desde o ensino médio e que está comigo sempre.

A todos aqueles que me ajudaram na vida acadêmica de alguma forma. Alguns nomes: Manu, Rhuan, Tiago, Patrícia, Nayara, Alysson, Midouin, Laura, Nicole, Bia, Israel, Augusto, Juliana, Gabriela, Celson, Laurinha, Giva, Goi, Matheus, Luara, Paulo, Felipe, Patrícia, William, Victor, Kakau, Alesson, Madu, Emilly Sanduba, Ariane, Arôdo, Leo, Raquel, Manoel, Barbara, Sheila, Kilma, Pedro, Gabi, Cícero, Pradoca, Roberta, Rebeca, Rodolfo, Matheus, Paulo, Gabriel Rafael, Nary, Marcos, Grazi, Rayanne, Lucas, João, Pamela, Pablo. Meus tios, primos, tias e colegas. E todos aqueles que não lembrei o nome, mas cujo toque, abraço e acolhida foram de grande importância.

À professora Marília e ao Laboratório Plural, minha primeira casa científica.

Aos meus Psicólogos, Marcos, que me acompanhou do meio ao fim da minha graduação. Obrigado por tudo. À Luciana que foi minha primeira psicóloga. A Wellington, que está comigo há pouco tempo, mas me ajudou de uma forma extraordinária, obrigado, meu querido, pelo bis e acolhimento. A dr. Flávio que me ajudou nesse processo, cuidando da minha saúde.

A todos os professores que tive na vida. Em especial a Christiana, que me fez amar biologia. À Isana, que fez eu amar a ler. À Fernanda que me fez amar escrever. A Alberto que me fez amar pensar sobre a sociedade. À Paula que me fez gostar de números. Aos meus professores de graduação: Flávia que me ajudou no meu fim de curso de uma forma especial e me ajudou na construção desse trabalho. Elian, Rosângela, Sarah, Karine, Marcus, Marcos, Vitor, Valéria, Carol, Gi, Beta, Gustavo, Paulo, Martin, Monica, Virginia, Marília, Pabyton, Marisa, Aristeu, Jefferson, Irenilda e Fernanda. Vocês todos me mostraram como a educação transforma e hoje sou professor por conta de uma gotinha que cada um de vocês deixou em mim.

A todos que contribuíram com minha vida acadêmica de alguma forma e com a realização desse trabalho, meu enorme obrigado.

APRESENTAÇÃO

As micorrizas, associações simbióticas entre fungos do solo e raízes de plantas, são uma das relações ecológicas mais importantes da natureza. Estão presentes na maioria das plantas vasculares terrestres e exercem funções fundamentais, como o aumento da absorção de nutrientes, proteção contra estresses ambientais e promoção da saúde do solo. Diante do cenário atual de mudanças climáticas, degradação ambiental, aumento da demanda por alimentos e pressão sobre os recursos naturais, a compreensão e o uso das micorrizas como estratégia sustentável à agricultura tornam-se ainda mais relevantes.

No entanto, a abordagem desse conteúdo no ensino de Biologia, especialmente na educação básica, ainda é limitada. Muitos professores não são preparados para tratar da temática, e os livros didáticos, quando a mencionam, fazem-no de forma breve e pouco contextualizada. Diante disso, este trabalho propõe a criação de uma história em quadrinhos (HQ) como recurso didático para o ensino de micorrizas. As HQs têm demonstrado grande potencial pedagógico por integrarem linguagem acessível, narrativa envolvente e recursos visuais atrativos. Ao permitir o uso de múltiplas linguagens, elas contribuem para uma aprendizagem mais significativa, especialmente no ensino de temas complexos ou pouco explorados em sala de aula.

A proposta deste material também responde a demandas contemporâneas da educação científica, ambiental e cidadã, promovendo uma abordagem que dialoga com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente os ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), 4 (Educação de Qualidade), 12 (Consumo e Produção Responsáveis), 13 (Ação Climática) e 15 (Vida Terrestre). Ao desenvolver e validar uma HQ inédita sobre os diferentes tipos de micorrizas e suas funções ecológicas, econômicas e sociais, o presente trabalho contribui para a produção de conhecimentos aplicados ao ensino, à popularização da ciência e à formação crítica de estudantes da educação básica, além de fortalecer a prática docente com materiais contextualizados, lúdicos e cientificamente embasados.

Desse modo, o presente trabalho se insere no âmbito dos objetivos do curso de Licenciatura em Biologia e visa contribuir diretamente para o fortalecimento do Ensino de Ciências e Biologia na Educação Básica por meio da elaboração e validação de um material didático inovador.

RESUMO

As relações simbióticas entre fungos do solo e raízes de plantas exercem papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas terrestres e na produção agrícola sustentável. No entanto, essas associações, conhecidas como micorrizas, ainda são pouco abordadas no ensino de Ciências e Biologia, dificultando o entendimento dos estudantes sobre processos ecológicos essenciais. Considerando essa lacuna, este trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um material didático em formato de história em quadrinhos (HQ), voltado ao ensino de simbioses fúngico-vegetais na educação básica. A metodologia adotada incluiu a elaboração do roteiro e das ilustrações digitais da HQ, dividida em quatro histórias curtas que representam os principais tipos de micorrizas (arbuscular, orquidóide, ericóide e ectomicorriza), com linguagem acessível, personagens simbólicos e situações contextualizadas. A validação do material foi realizada por oito juízes especialistas, incluindo pesquisadores em microbiologia do solo, professores universitários e docentes da educação básica, por meio de um instrumento estruturado com 17 itens avaliados em escala Likert, organizados em cinco categorias: objetivos do material, estrutura e apresentação, relevância científica, linguagem e inclusão, e aspectos lúdicos. A análise quantitativa utilizou o Índice de Validade de Conteúdo (IVC), cujos resultados indicaram validação plena do material em todas as categorias, com $IVC \geq 0,88$. Os juízes destacaram a clareza conceitual, a adequação visual, a interdisciplinaridade e o potencial do material para promover atividades práticas complementares, como modelagem e construção de maquetes. Portanto, a HQ desenvolvida se configura como uma ferramenta pedagógica inovadora e validada, capaz de enriquecer o processo de ensino-aprendizagem ao integrar conteúdos de Botânica, Ecologia e Microbiologia do Solo, alinhando-se às competências da Base Nacional Comum Curricular e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável voltados à sustentabilidade ambiental, segurança alimentar e educação de qualidade.

Palavras-chave: Histórias em quadrinhos, Micorrizas, Ensino de Biologia, Microbiologia do solo, Recursos didáticos.

ABSTRACT

The symbiotic relationships between soil fungi and plant roots play a fundamental role in the dynamics of terrestrial ecosystems and in sustainable agricultural production. However, these associations — known as mycorrhizae — are still rarely addressed in Science and Biology education, hindering students' understanding of essential ecological processes. Considering this gap, the objective of this study was to develop and validate an educational resource in the form of a comic book aimed at teaching fungal-plant symbioses in basic education. The methodology included the creation of the script and digital illustrations for the comic, which was divided into four short stories representing the main types of mycorrhizae (arbuscular, orchid, ericoid, and ectomycorrhiza), using accessible language, symbolic characters, and contextualized situations. The material was validated by eight expert judges — including researchers in soil microbiology, university professors, and basic education teachers — through a structured instrument with 17 items assessed on a Likert scale, organized into five categories: educational objectives, structure and presentation, scientific relevance, language and inclusion, and playful aspects. Quantitative analysis employed the Content Validity Index (CVI), with results indicating full validation of the material in all categories, with $CVI \geq 0.88$. The judges highlighted the conceptual clarity, visual adequacy, interdisciplinarity, and the material's potential to promote complementary practical activities such as modeling and model construction. Therefore, the developed comic book stands out as an innovative and validated pedagogical tool capable of enriching the teaching-learning process by integrating content from Botany, Ecology, and Soil Microbiology. It aligns with the competencies of the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC) and the Sustainable Development Goals focused on environmental sustainability, food security, and quality education.

Keywords: Comic books; Mycorrhizae; Biology education; Soil microbiology; Educational resources.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos	13
3. METODOLOGIA.....	13
3.1 Elaboração da história e confecção do material	13
3.2 Procedimentos de Validação do Material Didático.....	14
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 HQ Amizades enraizadas	15
4.2 Índice de Validade de Conteúdo (IVC) da HQ Amizades enraizadas	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	25
6. REFERÊNCIAS	26
APÊNDICE A – AMIZADES ENRAIZADAS	32

1. INTRODUÇÃO

Plantas vasculares terrestres dependem de fungos associados a suas raízes, formando uma relação ecológica conhecida como micorrizas, em que fungos do solo fornecem às plantas hospedeiras água e nutrientes minerais, enquanto as plantas, de modo geral, disponibilizam açúcares para os fungos (Bonfante; Genre, 2015; Bonfante; Venice, 2020; Genre *et al.*, 2020).

As associações micorrízicas estão entre as mais importantes relações ecológicas da natureza, envolvem aproximadamente 340.000 plantas terrestres e 50.000 táxons de fungos do solo, incluindo diversos grupos taxonômicos distintos (Genre *et al.*, 2020). As micorrizas são agrupadas em quatro subtipos: Ectomicorrizas, Micorrizas Ericóides, Micorrizas arbusculares e Micorrizas Orquidóides (Genre *et al.*, 2020; Tedersoo; Bahram, 2019).

Os fungos micorrízicos atuam em vários cenários no solo, como na proteção das plantas contra estresses bióticos e abióticos, nutrição e regulação fisiológica vegetal, estruturação do solo e manutenção de relações ecológicas (Fall *et al.*, 2022; Kalamulla *et al.*, 2022; Martin; Van Der Heijden, 2024).

Além da importância ecológica e biológica destes organismos, há também sua importância agrícola, já que as micorrizas (exceto micorrizas orquidóides) são uma alternativa sustentável para o desenvolvimento e crescimento de plantas, especialmente micorrizas arbusculares (George; Ray, 2023; Perotto; Balestrini, 2024). Com o advento das mudanças climáticas, é de extrema importância promover uma agricultura sustentável que vise a manutenção da saúde do solo, atingindo os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU (ODS) (Yin; Zhao; Pereira, 2022).

No entanto, micorrizas é um tema pouco discutido se tornando um desafio para o Ensino de Ciências e Biologia não só na Educação Básica, mas também no ensino superior, pois há escassez acerca desse tema nos livros didáticos, dificuldades estruturais na escola para aulas práticas, manutenção de práticas educacionais tradicionalistas voltadas apenas para o professor e a visão equivocada que microrganismos causam doenças e são uma ameaça à humanidade e aos ecossistemas (Vilas Boas; Moreira, 2012; Massicotte; Guinel, 2017; Cruz *et al.*, 2019; Da Costa Silva; Menolli, 2016).

Além disso, apesar de sua presença constante no cotidiano, as plantas são invisibilizadas no ensino de Ciências, fenômeno descrito como *cegueira botânica*, isto é, a dificuldade de reconhecer plantas como organismos vivos ativos e essenciais nos ecossistemas (Neves; Bündchen; Lisboa, 2019; Salatino; Buckeridge, 2016). Essa negligência contribui para a pouca valorização da flora e de suas interações simbióticas fundamentais, como é o caso das micorrizas. As plantas não são apenas beneficiárias passivas nessas associações, mas

participantes ativas que regulam trocas metabólicas, controlam a seleção fúngica e respondem fisiologicamente a estímulos ambientais mediados pelos fungos (Bonfante; Genre, 2015; Genre *et al.*, 2020). Ressaltar essas interações nos contextos escolares, por meio de abordagens interdisciplinares e metodologias ativas, contribui não só para a superação da cegueira botânica, mas também para o fortalecimento de uma educação voltada à ecologia vegetal, à conservação da biodiversidade e à compreensão de processos naturais indispensáveis à sustentabilidade ecossistemas (Neves; Bündchen; Lisboa, 2019).

Uma alternativa para isso é o uso de metodologias ativas lúdicas como Histórias em Quadrinho (HQs) nas aulas de Ciências e Biologia, pois a utilização de abordagens lúdicas contribui positivamente para o sucesso do aprendizado dos discentes na educação básica (Ferreira; Dos Santos, 2019).

Nas últimas décadas, a educação tem passado por importantes transformações impulsionadas pela necessidade de superar modelos tradicionais centrados na memorização e na exposição unilateral de conteúdo (Lovato; Michelotti; Da Silva Loreto, 2018). Nesse cenário, ganham destaque as metodologias ativas de aprendizagem, que priorizam o protagonismo dos estudantes e a construção do conhecimento de forma significativa e contextualizada. Ao colocar os discentes no centro do processo educativo, tais abordagens valorizam a investigação, a resolução de problemas e a interação com diferentes linguagens e suportes, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia (Lovato; Michelotti; Da Silva Loreto, 2018; Morán *et al.*, 2015). No ensino de Biologia, essas estratégias têm se mostrado particularmente eficazes na mediação de temas abstratos, complexos ou pouco explorados nos livros didáticos, como é o caso das simbioses microbianas do solo.

Nesse contexto, o uso da ludicidade em sala de aula surge como ferramenta potente para ampliar o engajamento e a compreensão dos estudantes. Recursos como jogos, dramatizações, modelagens e HQs promovem a aproximação entre o conhecimento científico e o universo simbólico e cultural dos alunos, tornando a aprendizagem mais atrativa e concreta (Morán *et al.*, 2015). As HQs, por exemplo, combinam elementos verbais e visuais em narrativas sequenciais que facilitam a construção de modelos mentais e estimulam a alfabetização científica desde os anos iniciais (Spiegel *et al.*, 2013; Da Silva Barros *et al.*, 2022). Quando bem elaboradas, elas contribuem não apenas para o entendimento conceitual de fenômenos biológicos complexos, mas também para o desenvolvimento de atitudes mais investigativas e reflexivas em relação à ciência e ao meio ambiente (Ferreira; Dos Santos, 2019).

A utilização de HQs pode ajudar na introdução e na contextualização de conteúdos, permitindo o aprofundamento de conceitos científicos, sendo possível discutir assuntos

complexos com mais ludicidade e praticidade (Da Silva Barros *et al.*, 2022; Ferreira; Dos Santos, 2019). Desse modo, HQs se tornam ferramentas úteis no ensino de micorrizas, facilitando a aprendizagem de conceitos complexos e tornando o aprendizado mais fácil de ser concretizado (Da Silva Barros *et al.*, 2022).

Assim, o presente projeto tem como objetivo criar uma HQ contextualizada, lúdica e interdisciplinar sobre micorrizas, seus tipos e importância para alunos do Ensino Básico.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Produzir uma HQ sobre os aspectos gerais que envolvem os fungos micorrízicos de forma lúdica, contextualizada e interdisciplinar que possa ser usada por docentes e discentes de escolas do Ensino Básico.

2.2 Objetivos específicos

- a) Abordar de forma lúdica, contextualizada e interdisciplinar os tipos de micorrizas e suas importâncias ecológicas, sociais e agrícolas por meio de uma HQ.
- b) Disponibilizar a HQ produzida para os docentes do Ensino Básico, por meio da publicação do material na editora da UFRPE, a fim de proporcionar um material de apoio para o ensino de Microbiologia do Solo, com enfoque em fungos micorrízicos.
- c) Avaliar a qualidade do conteúdo da HQ com base na análise de juízes especialistas da área de Botânica, Microbiologia do Solo e Educação, utilizando instrumentos validados e critérios metodológicos reconhecidos.

3. METODOLOGIA

3.1 Elaboração da história e confecção do material

A presente pesquisa se deu a partir de uma abordagem qualitativa-quantitativa (Pereira, 2020). Dessa forma, consistiu na elaboração de uma HQ voltada ao ensino de micorrizas: tipos e importâncias. Os materiais e programas necessários para a construção desse recurso didático estão listados no quadro 1.

Quadro 1 - Lista dos materiais e programas que foram utilizados para a confecção da história em quadrinhos sobre micorrizas

Materiais	Programas
Caneta Stylus	Microsoft Word
Notebook	Google drive
Mesa digitalizadora	Clip Studio Paint

Fonte: Autor (2025).

O roteiro da HQ foi feito por meio do programa Microsoft Word®, usando o armazenamento em nuvem do Google drive ® para salvar e compartilhar o documento, sendo o notebook o equipamento usado. O roteiro foi enviado para um desenhista para servir como guia durante a confecção digital, o qual usou o programa Clip Studio Paint ® com o uso de um notebook e uma mesa digitalizadora como ferramentas.

Para a elaboração do material e embasamento teórico, foram consultados textos em livros didáticos (Sheldrake, 2021; Moreira; Siqueira, 2006; Cardoso; Andreote, 2016; Siqueira *et al.*, 2010) e artigos científicos (Genre *et al.*, 2020; Tedersoo; Bahram, 2019; Martin; Van Der Heijden, 2024).

A HQ foi dividida em quatro histórias diferentes, em que cada uma delas teve como protagonista uma planta e um fungo representando uma associação micorrízica diferente. As histórias foram feitas em diálogos entre a planta e o fungo, contextualizada com alguma situação que ressalta a importância social, econômica e ecológica da associação. Foi utilizada uma linguagem acessível para melhorar a compreensão dos diferentes tipos de micorriza, seus mecanismos, estruturas e importância. Houve cuidado para evitar a criação de uma HQ longa e cansativa e com detalhes desnecessários para os alunos do Ensino Básico (fundamental e médio) (público-alvo).

3.2 Procedimentos de Validação do Material Didático

A validação da história em quadrinhos (HQ) Amizades Enraizadas foi conduzida por meio da avaliação de juízes especialistas, conforme práticas metodológicas consolidadas na área de desenvolvimento e análise de recursos didáticos educacionais (Pasquali, 2010; Silva; Cadena; Sales-Cadena, 2024).

Participaram da validação oito avaliadores selecionados com base em seus perfis profissionais e experiências relacionadas ao ensino de Biologia, Microbiologia do Solo e formação docente. O grupo foi composto por:

- a) Quatro pesquisadores sobre Microbiologia do Solo, com experiência há mais de 5 anos;
- b) Duas docentes do ensino superior com histórico de atuação no campo da Botânica e ensino de Biologia há mais de 5 anos;
- c) Dois docentes da educação básica com mais de um ano de experiência no ensino de Ciências e Biologia no Ensino Fundamental II e Médio.

Os juízes avaliaram a HQ por meio da leitura do material e da resposta de um formulário estruturado aplicado online, elaborado no *Google Forms*. O instrumento de avaliação foi composto por 17 itens organizados em cinco categorias: (i) objetivos do material; (ii) estrutura e apresentação; (iii) relevância científica e educacional; (iv) linguagem e (v) aspectos lúdicos e avaliativos, além de um espaço não obrigatório para sugestões. Cada item foi avaliado segundo uma escala de Likert de 5 pontos, variando de 1 (“discordo totalmente”) a 5 (“concordo totalmente”) (Silva, Cadena, Sales-Cadena, 2024).

A análise quantitativa seguiu a metodologia de cálculo do Índice de Validade de Conteúdo (IVC), proposto por Polit e Beck (2006), que considera válidos os itens que obtêm $IVC \geq 0,80$ ou, de preferência, 0,90. Isto é, que apresentam uma proporção igual ou superior a 80 % de respostas com notas 4 (concordo) ou 5 (concordo totalmente) sobre o total de respondentes. Complementarmente, foram analisadas qualitativamente as respostas discursivas registradas pelos juízes na seção de sugestões (Souza; Alexandre; Guirardello, 2017).

Cabe destacar que, por se tratar de um estudo com participação voluntária de especialistas e sem coleta de dados sensíveis ou identificação pessoal, os procedimentos adotados não se enquadram nos critérios obrigatórios de avaliação ética definidos pela Resolução nº 510/2016 (Conselho Nacional de Saúde, 2016). Dessa forma, não foi necessária submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa.

A utilização dessa abordagem metodológica buscou garantir a validade do conteúdo, clareza comunicativa e aplicabilidade pedagógica do material didático, assegurando que a HQ atenda aos critérios necessários para seu uso em contextos educacionais diversos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

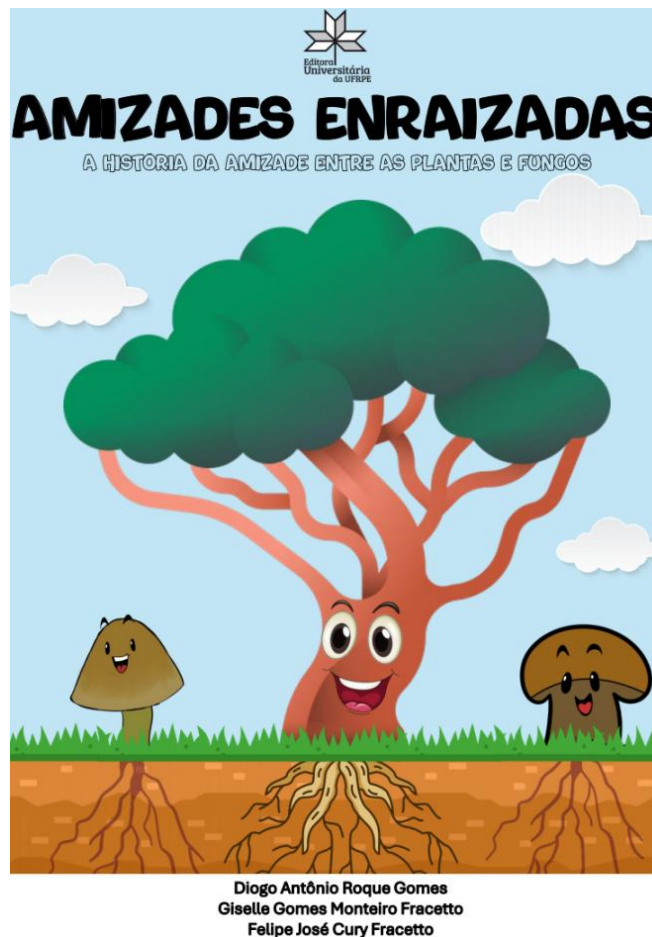
4.1 HQ Amizades enraizadas

A história em quadrinhos *Amizades Enraizadas* é um material didático voltado ao ensino de Biologia e Ciências, com foco nas simbioses micorrízicas. A obra foi concebida para tornar

acessível e atrativa uma temática geralmente pouco explorada no Ensino Básico: os diferentes tipos de micorrizas e suas funções ecológicas, agrícolas e econômicas. Por meio de uma narrativa lúdica e protagonizada por personagens antropomorfizados, a HQ introduz conceitos científicos de forma contextualizada, estimulando a curiosidade dos estudantes e ampliando o repertório sobre a biodiversidade do solo.

Amizades enraizadas foi publicado como livro pela editora universitária da UFRPE com ISBNB 978-85-7946-482-9. Encontra-se disponível para todos em *e-book* pelo site da editora (www.editora.ufrpe.br/node/386) e terá lançamento de alguns exemplares físicos de acordo com a demanda da editora.

Figura 1 - Capa da HQ *Amizades Enraizadas* produzida no presente trabalho

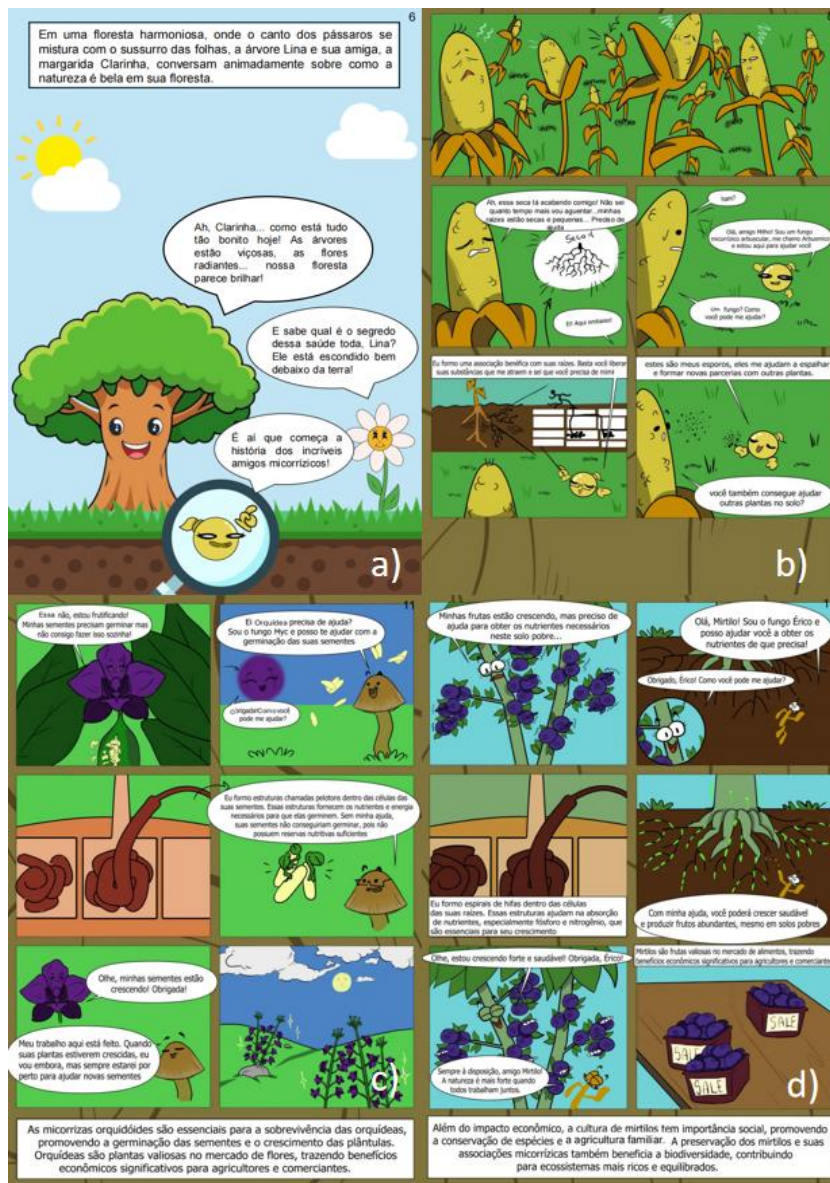


Fonte: Autor (2025)

A narrativa tem início em uma floresta fictícia, na qual duas plantas: *Lina* (uma árvore) e *Clarinha* (uma margarida) dialogam sobre a saúde do ecossistema subterrâneo. A partir desse cenário, são apresentadas quatro histórias curtas, cada uma dedicada a um tipo específico de micorriza: (i) a micorriza arbuscular, por meio do fungo *Arbusmico*, que ajuda o milho a

sobreviver à seca; (ii) a micorriza orquidóide, com o fungo *Myc*, que auxilia a germinação das orquídeas; (iii) a micorriza ericóide, representada por *Érico*, associada às raízes do mirtilo; e (iv) a ectomicorriza, com o fungo *Éctor*, que ajuda os pinheiros a sobreviverem a um ataque de predadores.

Figura 2 - Trechos da HQ Amizades Enraizadas: A) introdução; b) História da micorriza arbuscular; c) História da micorriza orquidóide; d) História da micorriza ericóide



Fonte: Autor (2025)

Além da narrativa central, a HQ inclui um glossário ilustrado com definições acessíveis de termos científicos e uma seção de curiosidades sobre o papel das micorrizas na agricultura sustentável, na recuperação de áreas degradadas e na conservação da biodiversidade. O material propõe-se a romper com o ensino tradicional, aproximando os estudantes dos conteúdos de

Botânica e Microbiologia do Solo, alinhando-se às competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino de Ciências. Com linguagem inclusiva, estrutura gráfica simples e abordagem interdisciplinar, *Amizades Enraizadas* visa apoiar práticas pedagógicas que valorizem o solo como habitat e promovam uma visão integrada e sistêmica da natureza.

Figura 3 - Capa do Glossário da HQ Amizades Enraizadas



Fonte: Autor (2025)

A produção da HQ mostra como o material traz contribuições significativas para o ensino de Ciências. A HQ conseguiu abordar assuntos pouco discutidos no cotidiano da Educação Básica, trazendo, de forma lúdica, o tema de micorrizas, criando uma “ponte” para o aluno conseguir compreender e se apropriar de um conteúdo importante, mas pouco visto em sala de aula (Da Silva Barros *et al.*, 2022). De acordo com Pereira (2020), o uso de HQs pode

ser um complemento ao livro didático utilizado pelos professores, já que esse é o principal recurso usado pelos professores, mas que se encontram desatualizados, muitas vezes, ou não trazem temas importantes para o contexto sociocultural do aluno (Batista, 2018; Vilas Boas; Moreira, 2012).

Assim, *Amizades enraizadas* contribui para o Ensino Básico como sendo um recurso complementar aos recursos usados pelos professores nas aulas de biologia que versam sobre fungos, plantas ou ecologia. Por meio da ludicidade, os alunos são aproximados ao fazer científico e tornam-se sujeitos ativos no processo de ensino-aprendizagem.

4.2 Índice de Validade de Conteúdo (IVC) da HQ Amizades enraizadas

Os dados obtidos a partir da avaliação por juízes especialistas demonstram que a HQ Amizades Enraizadas foi amplamente validada em todas as categorias analisadas. A análise quantitativa revelou índices de validade de conteúdo (IVC) iguais ou superiores a 0,88 em todos os 17 itens, indicando concordância entre os avaliadores quanto à qualidade e pertinência do material. Os resultados confirmam a validade pedagógica, científica e gráfica da HQ, com destaque para sua clareza, relevância curricular, linguagem adequada e potencial para aplicação lúdica em contextos escolares.

Na categoria “Objetivos do Material”, todos os itens alcançaram $IVC > 0,80$, com destaque para a representação correta dos quatro tipos de micorrizas e a abordagem de suas importâncias econômica, agrícola e ambiental. Isso ilustra que o material atende à proposta de ensinar, de forma acessível e cientificamente correta, um conteúdo muitas vezes ausente no currículo escolar. Ainda dentro da mesma categoria, o item “facilita o entendimento para o Ensino Básico” apresentou $IVC = 0,88$, reforçando a percepção de que a HQ é apropriada para o público-alvo do Ensino Fundamental II e Ensino Médio.

Tabela 1 - Frequência e porcentagem das respostas dos juízes especialistas para a categoria “Objetivos do material” com o índice de avaliação de conteúdo (IVC), considerando a escala Likert de 5 pontos

Pergunta	CT	CO	IN	DI	DT	IVC
A HQ representa corretamente os 4 tipos de micorrizas?	75% (6)	25% (2)	-	-	-	1.00
Aborda as importâncias econômica, agrícola e ambiental das micorrizas?	62.5% (5)	37.5% (3)	-	-	-	1.00
Facilita entendimento para Ensino Básico?	50% (4)	37.5% (3)	12.5% (1)	-	-	0.88

CT=Concordo Totalmente, CO=Concordo, IN=Indiferente, DI=Discordo, DT=Discordo Totalmente, IVC = Índice de validade de Conteúdo (IVC)

Assim, a complexidade da simbiose micorrízica consegue ser facilitada pelo material didático, o qual traz as relações entre plantas e fungos, que estão presente no cotidiano do aluno, mas que são invisíveis aos seus olhos, de forma lúdica e com a importância dessas relações para o contexto sociocultural e econômico do aluno (Johan *et al.*, 2014).

A estrutura e apresentação do material também apresentou $IVC > 0.80$ para os itens relacionados à atratividade visual (cores, ilustrações) e à clareza do texto em relação às imagens. Esses dados demonstram que a HQ apresenta coerência visual e textual, o que facilita a compreensão dos conceitos e mantém o engajamento do leitor.

Tabela 2 - Frequência e porcentagem das respostas dos juízes especialistas para a categoria “Estrutura e Apresentação” com o índice de avaliação de conteúdo (IVC), considerando a escala Likert de 5 pontos.

Pergunta	CT	CO	IN	DI	DT	IVC
Design (ilustrações/cores) é atrativo?	87.5% (7)	12.5% (1)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	1.00
O texto claro e complementar às imagens?	75% (6)	25% (2)	0% (0)	0% (0)	0% (0)	1.00

CT=Concordo Totalmente, CO=Concordo, IN=Indiferente, DI=Discordo, DT=Discordo Totalmente, IVC = Índice de validade de Conteúdo (IVC)

Assim, nota-se a importância do uso de recursos visuais didáticos e acessíveis para a faixa-etária do Ensino Básico, já que a Biologia é uma disciplina que requer muitas representações visuais e práticas, e os professores nem sempre conseguem trabalhar esse ponto na sala de aula e acabam dificultando o entendimento dos alunos. Sendo assim, a utilização de uma história em quadrinho com ilustrações adequadas e adaptadas traz ao aluno a visualização de temas abstratos e distantes da sua realidade (O'day, 2007; Pereira 2020).

No que se refere à categoria “relevância científica e educacional”, os itens “tema relevante para o currículo de Biologia” e “estímulo à curiosidade” obtiveram IVC = 1,00. O item “informações atualizadas e precisas” obteve IVC = 0,88.

Tabela 3 - Frequência e porcentagem das respostas dos juízes especialistas para a categoria “Relevância Científica e Educacional” com o índice de avaliação de conteúdo (IVC), considerando a escala Likert de 5 pontos

Pergunta	CT	CO	IN	DI	DT	IVC
As informações científicas estão atualizadas e precisas?	62,5% (5)	25% (2)	-	12,5% (1)	-	0,88
O tema é relevante para o currículo?	87,5% (7)	12,5% (1)	-	-	-	1,00
O material estimula curiosidade e discussões?	75% (6)	25% (2)	-	-	-	1,00

CT=Concordo Totalmente, CO=Concordo, IN=Indiferente, DI=Discordo, DT=Discordo Totalmente, IVC = Índice de validade de Conteúdo (IVC)

Os conteúdos de Microbiologia do Solo, de modo geral, são muito negligenciados pelos livros didáticos e pelos professores, seja por falta de difusão do conhecimento, seja por uma falha na formação docente (Vilas Boas; Moreira, 2012). E os microrganismos do solo são fundamentais para inúmeros processos importantes para toda a terra, como decomposição da matéria orgânica, crescimento de plantas, combate a doenças, fixação de nitrogênio e solubilização de nutrientes (Fierer *et al.*, 2017). Nesse cenário, as micorrizas se destacam por estarem atreladas ao crescimento de plantas importantes para a alimentação, estimulando o aluno a perceber a relevância de estudar essa simbiose e gerando discussões e debates em sala de aula e no cotidiano de suas vidas (Genre *et al.*, 2020; Melo, 2024).

Ainda nessa categoria, foi sugerido por um avaliador a revisão de dois termos da ectomicorriza: *rede de Hartig* e manto fúngico, que estavam trocados em suas funções. O manto

fúngico é uma estrutura externa formada pela compactação de hifas ao redor das raízes da planta hospedeira. Sua principal função é proteger a raiz contra agentes patogênicos e perdas de água, além de atuar como interface inicial na absorção de nutrientes minerais do solo. Já a *rede de Hartig* consiste em um sistema de hifas que penetra entre as células do córtex da raiz, sem invadi-las, estabelecendo o principal local de troca de substâncias entre fungo e planta. É por meio dessa rede que ocorre a transferência bidirecional de nutrientes: o fungo fornece à planta água e minerais, enquanto recebe açúcares produzidos pela fotossíntese (Smith; Read, 2010; Martin; Van Der Heijden, 2024).

É comum haver confusão entre as funções dessas estruturas. Dessa forma, o erro foi ajustado no contexto da HQ, e isso justifica o resultado de que as informações científicas não estariam precisas.

A categoria “Linguagem e Inclusão” obteve índices igualmente satisfatórios. A linguagem acessível e o uso do glossário foram validados com IVC = 0,88. O item “adaptável a alunos com deficiência visual” também recebeu IVC = 0,88, porém com variação maior nas respostas, o que indica que, embora o material seja considerado inclusivo em parte, ainda há espaço para melhorias, especialmente quanto à versão com recursos táteis ou audiodescrição.

Tabela 4 - Frequência e porcentagem das respostas dos juízes especialistas para a categoria “Linguagem e Inclusão” com o índice de avaliação de conteúdo (IVC), considerando a escala Likert de 5 pontos

Pergunta	CT	CO	IN	DI	DT	IVC
A linguagem é acessível (evita termos técnicos sem explicação)?	50% (4)	37.5% (3)	12.5% (1)	-	-	0.88
O glossário auxilia na compreensão?	62.5% (5)	25% (2)	12.5% (1)	-	-	0.88
A HQ é adaptável para alunos com deficiência visual?	37.5% (3)	50% (4)	12.5% (1)	-	-	0.88

CT=Concordo Totalmente, CO=Concordo, IN=Indiferente, DI=Discordo, DT=Discordo Totalmente, IVC = Índice de validade de Conteúdo (IVC)

Ao oferecer uma linguagem acessível aliada a um glossário ilustrado, a HQ *Amizades Enraizadas* facilita significativamente a compreensão de fenômenos e conceitos científicos por estudantes do Ensino Básico. Cabe ressaltar que o glossário foi uma sugestão de um dos avaliadores. Estudos mostram que a combinação de texto e imagem em histórias em quadrinhos

amplia a retenção de informações e favorece a construção de modelos mentais mais elaborados (Spiegel *et al.*, 2013). Além disso, o uso de glossários visuais serve como suporte cognitivo essencial para a interpretação de termos técnicos, o que é especialmente importante para leitores jovens ou iniciantes. Evidências apontam que *pictorial cues* (imagens associadas a palavras) fortalecem a aprendizagem e aumentam a memorização do vocabulário científico (Glaser; Schwan, 2015).

Nota-se também que o engajamento emocional gerado pela narrativa gráfica estimula atitudes positivas em relação à Ciência, incentivando a leitura, a curiosidade e uma postura mais crítica em relação ao conhecimento (Hosler; Boomer, 2011). Dessa forma, ao combinar linguagem simples, glossário auxiliar e elementos visuais atrativos, a HQ torna-se uma ferramenta eficaz para promover a alfabetização científica, permitindo que os estudantes aprendam novos termos e compreendam os conteúdos de forma mais natural, envolvente e significativa.

Além disso, o material apresenta potencial adaptativo para estudantes com deficiência visual por meio da utilização de recursos como audiodescrição e elementos táteis, tais como relevo, texturas ou modelagem, que possibilitam a exploração sensorial dos conceitos por meio do toque. Esse tipo de abordagem é caracterizado como tecnologia assistiva essencial e aumenta a acessibilidade cultural e educacional (Rios *et al.*, 2016). Pesquisas demonstram que a audiodescrição aplicada a imagens em materiais didáticos, como livros didáticos, melhora significativamente a compreensão de conteúdo e promove igualdade de oportunidades entre alunos com e sem deficiência visual (Silva; Vimercati, 2022). No entanto, é necessário avançar na implementação desses recursos em sala de aula, testando a viabilidade pedagógica conforme a disponibilidade de infraestrutura e a formação docente, para que as adaptações atendam de forma efetiva às necessidades reais dos alunos e promovam a inclusão plena conforme previsto na Política Nacional de Educação Especial (Brasil, 2008).

Por fim, na categoria “Aspectos Lúdicos”, os itens sobre o uso de humor e personagens obtiveram IVC = 1,00, evidenciando que os elementos narrativos e lúdicos da HQ foram eficazes. A viabilidade de atividades práticas complementares, como modelagem de micorrizas com massinha, também foi bem avaliada (IVC = 1,00), demonstrando que a HQ vai além da leitura e permite desdobramentos didáticos em sala de aula.

Tabela 5 - Frequência e porcentagem das respostas dos juízes especialistas para a categoria “Aspectos Lúdicos” com o índice de avaliação de conteúdo (IVC), considerando a escala Likert de 5 pontos

Pergunta	CT	CO	IN	DI	DT	IVC
A HQ utiliza recursos lúdicos (personagens, humor)?	75% (6)	25% (2)	-	-	-	1.00
As atividades práticas sugeridas são viáveis, como uso de avaliações por meio de intervenções artísticas?	62.5% (5)	37.5% (3)	-	-	-	1.00

CT=Concordo Totalmente, CO=Concordo, IN=Indiferente, DI=Discordo, DT=Discordo Totalmente, IVC = Índice de validade de Conteúdo (IVC)

Ao apresentar personagens simpáticos e narrativas com humor leve, o material promove uma aprendizagem significativa. Quando combinado com atividades complementares, como modelagem com massinha ou construção de maquetes pelos alunos, essa ludicidade se expande, pois os estudantes transformam abstrações científicas ou até mesmo as próprias imagens da HQ em objetos concretos, facilitando a assimilação de conceitos complexos, como as estruturas micorrízicas (Silva; Costa, 2021). Essa articulação contribui para a construção de uma ponte entre a narrativa simbólica e o conhecimento experiencial, o que fortalece a formação do pensamento científico nos estudantes.

Além disso, é importante notar, de forma geral, que o mundo passa atualmente por uma crise climática que afeta o crescimento de plantas e a vida na terra de forma geral, e as micorrizas são associações naturais que permitem superar essa crise, pelos seus benefícios aos vegetais (Diagne *et al.*, 2020). Trazer esses conteúdos aos alunos é, além de uma metodologia lúdica e significativa, uma forma de conscientizar os alunos acerca da importância dos microrganismos do solo como personagens fundamentais na sobrevivência de plantas e garantia de alimentos (UNESCO, 2025; Melo, 2024). Assim, trabalhando os ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 4 (Educação de Qualidade), 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima) e 15 (Vida Terrestre).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta monografia possibilitou construir uma HQ como um material lúdico, contextualizado e interdisciplinar que apresenta os tipos de micorrizas e sua importância ecológica, sociais e agrícolas, visando atender os ODS 2, 4, 12, 13 e 15, relacionados às ações de educação de qualidade no âmbito sustentável. A construção da história em quadrinhos *Amizades Enraizadas* representa uma oportunidade de transformar um conteúdo científico denso e pouco explorado no Ensino Básico em uma experiência de aprendizagem mais acessível, envolvente e significativa.

Por meio da linguagem visual, do humor e da contextualização, a HQ consegue tornar visível a vida do solo, aproximando estudantes de temas fundamentais para a compreensão da ecologia, da agricultura sustentável e das relações simbióticas entre fungos e plantas.

Os resultados da avaliação por juízes especialistas indicaram alto grau de concordância quanto à clareza do conteúdo, relevância curricular, linguagem adequada e possibilidade de aplicabilidade em sala de aula, atestando a qualidade do recurso como instrumento de apoio ao ensino de Ciências e Biologia, complementando os livros didáticos.

Mais do que apenas facilitar o entendimento sobre microrganismos e suas funções ecológicas, a HQ propõe um diálogo com questões contemporâneas urgentes, como a crise climática, a saúde do solo e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Isso a torna um recurso que ultrapassa o conteúdo biológico e convida à reflexão sobre sustentabilidade e responsabilidade socioambiental, principalmente a alunos do Ensino Básico, os quais são pouco inseridos nesse contexto.

Além de que sua publicação pela Editora da UFRPE (ISBN 978-85-7946-482-9) fortalece ainda mais seu alcance e legitimidade como material didático e de divulgação científica, sendo acessível para alunos e professores do Ensino Básico. Portanto, fica evidente que produções como essa não apenas preenchem lacunas nos livros didáticos, mas também ampliam as possibilidades de ensinar e aprender Biologia de forma mais criativa, crítica e conectada com os desafios do presente.

6. REFERÊNCIAS

BATISTA, E. S. *Os conteúdos sobre saúde no ENEM e sua abordagem no livro didático de Biologia*. 2018. 196 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2018.

BONFANTE, P.; GENRE, A. Arbuscular mycorrhizal dialogues: do you speak ‘plantish’ or ‘fungish’?. *Trends in Plant Science*, v. 20, n. 3, p. 150-154, 2015.

BONFANTE, P.; VENICE, F. Mucoromycota: going to the roots of plant-interacting fungi. *Fungal Biology Reviews*, v. 34, n. 2, p. 100-113, 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais envolvendo seres humanos. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 98, p. 44, 24 maio 2016. Disponível em: <https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 21 jun. 2025.

BRASIL. *Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeducoespecial.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

CARDOSO, E. J. B. N.; ANDREOTE, F. D. *Microbiologia do solo*. 2. ed. Piracicaba: ESALQ, 2016.

CRUZ, K. P. *et al.* Microbiologia no cotidiano: proposta de ensino por investigação de baixo custo. *Atas de Ciências da Saúde*, v. 7, n. 1, p. 82-82, 2019.

DA COSTA SILVA, A.; MENOLLI, N. Análise do conteúdo de fungos nos livros didáticos de biologia do ensino médio. *Revista Ciências & Ideias*, v. 7, n. 3, p. 235-273, 2017.

DA SILVA BARROS, R. M. *et al.* Microbiologia em quadrinhos: análise do conteúdo bacteriologia nos livros didáticos como ponto de partida para a produção de histórias em

quadrinho. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 15, n. 1, p. 3-36, 2022.

DA SILVA, A. O. O. S.; COSTA, K. G. S. Massinha de modelar como modelo didático de baixo custo para o ensino de ciências. *Revista Ensino, Saúde e Biotecnologia da Amazônia*, [S. l.], v. 3, n. esp., p. 13, 2021.

DIAGNE, N. *et al.* Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: importance in biotic and abiotic stressed regulation. *Diversity*, v. 12, n. 10, p. 370, 2020.

EDITORA UFRPE. *Amizades Enraizadas: apresentação na Editora da UFRPE*. Recife: Editora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, [s.d.]. Disponível em: <https://www.editora.ufrpe.br/node/386>. Acesso em: 21 jun. 2025.

FALL, A. F. *et al.* Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on soil fertility: contribution in the improvement of physical, chemical, and biological properties of the soil. *Frontiers in Fungal Biology*, v. 3, p. 723892, 2022.

FERREIRA, A. A. S. N.; DOS SANTOS, C. B. A ludicidade no ensino da biologia/The playfulness in the teaching of biology. *ID on line. Revista de Psicologia*, v. 13, n. 45, p. 847-861, 2019.

FIERER, N. Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, v. 15, n. 10, p. 579-590, 2017.

GENRE, A. *et al.* Unique and common traits in mycorrhizal symbioses. *Nature Reviews Microbiology*, v. 18, n. 11, p. 649-660, 2020.

GEORGE, N. P.; RAY, J. G. The inevitability of arbuscular mycorrhiza for sustainability in organic agriculture—A critical review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 7, p. 1124688, 2023.

GLASER, M.; SCHWAN, S. Explaining pictures: how verbal cues influence processing of pictorial learning material. *Journal of Educational Psychology*, v. 107, n. 4, p. 1006, 2015.

HOSLER, J.; BOOMER, K. B. Are comic books an effective way to engage nonmajors in learning and appreciating science?. *CBE—Life Sciences Education*, v. 10, n. 3, p. 309-317, 2011.

JOHAN, C. S. *et al.* Promovendo a aprendizagem sobre fungos por meio de atividades práticas. *Ciência e Natura*, v. 36, n. II, p. 798-805, 2014.

KALAMULLA, R. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. *Sustainability*, v. 14, n. 19, p. 12250, 2022.

LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; DA SILVA LORETO, E. L. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. *Acta Scientiae*, v. 20, n. 2, 2018.

MARTIN, F. M.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A. The mycorrhizal symbiosis: research frontiers in genomics, ecology, and agricultural application. *New Phytologist*, v. 242, n. 4, p. 1486-1506, 2024.

MASSICOTTE, H. B.; GUINEL, F. C. Fostering comprehension and integration in mycorrhiza biology: conceptual scaffolding as an aid in teaching and exploration. *Botany*, v. 95, n. 10, p. 983-1003, 2017.

MELO, J. P. Mudanças climáticas: abordando a temática através de uma sequência didática. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, [S. l.], v. 19, n. 9, p. 447-461, 2024.

MORÁN, J. *et al.* Mudando a educação com metodologias ativas. *Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens*, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras: Editora UFLA, 2006.

NEVES, A.; BÜNDCHEN, M.; LISBOA, C. P. Cegueira botânica: é possível superá-la a partir da Educação?. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 25, n. 3, p. 745-762, 2019.

O'DAY, D. H. The value of animations in biology teaching: a study of long-term memory retention. *CBE—Life Sciences Education*, v. 6, n. 3, p. 217-223, 2007.

PASQUALI, L. *Instrumentação psicológica: fundamentos e práticas*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

PEREIRA, J. C. *Histórias em quadrinhos (HQ'S): uma metodologia para micologia no ensino médio*. 2020.

PEROTTO, S.; BALESTRINI, R. At the core of the endomycorrhizal symbioses: intracellular fungal structures in orchid and arbuscular mycorrhiza. *New Phytologist*, v. 242, n. 4, p. 1408-1416, 2024.

POLIT, D. F.; BECK, C. T. The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, v. 29, n. 5, p. 489-497, 2006.

RIOS, G. A. *et al.* Audiodescrição e inclusão na educação a distância: experiência do núcleo de educação a distância da UNESP. *Journal of Research in Special Educational Needs*, v. 16, p. 236-240, 2016.

SALATINO, A.; BUCKERIDGE, M. Mas de que te serve saber botânica?. *Estudos Avançados*, v. 30, n. 87, p. 177-196, 2016.

SHELDRAKE, M. *Trama da vida: como os fungos constroem o mundo*. São Paulo: Fósforo, 2021.

SILVA, A. M. S.; VIMERCATI, C. Relato de experiência sobre os benefícios da audiodescrição das imagens do livro didático. *Revista Educação Pública*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 32, 30 ago. 2022.

SILVA, E. V. L.; CADENA, P. G.; SALES CADENA, M. R. Modelo didático de zigoto e período de clivagem de peixe-zebra (*Danio rerio*). *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, v. 10, n. 6, 2024.

SIQUEIRA, J. O. *et al.* *Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil*. Lavras: Editora UFLA, 2010.

SMITH, S. E.; READ, D. J. *Mycorrhizal symbiosis*. London: Academic Press, 2010.

SOUZA, A. C.; ALEXANDRE, N. M. C.; GUIRARDELLO, E. B. Psychometric properties in instruments evaluation of reliability and validity. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 26, p. 649-659, 2017.

SPIEGEL, A. N. *et al.* Engaging teenagers with science through comics. *Research in Science Education*, v. 43, p. 2309-2326, 2013.

TEDERSOO, L.; BAHRAM, M. Mycorrhizal types differ in ecophysiology and alter plant nutrition and soil processes. *Biological Reviews*, v. 94, n. 5, p. 1857-1880, 2019.

TEDERSOO, L.; BRUNDRETT, M. C. Evolution of ectomycorrhizal symbiosis in plants. *Biogeography of Mycorrhizal Symbiosis*, p. 407-467, 2017.

TEDERSOO, L.; SMITH, M. E. Ectomycorrhizal fungal lineages: detection of four new groups and notes on consistent recognition of ectomycorrhizal taxa in high-throughput sequencing studies. *Biogeography of Mycorrhizal Symbiosis*, p. 125-142, 2017.

UNESCO. *Educação para o desenvolvimento sustentável no Brasil*. Brasília: UNESCO, 2025. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371796>. Acesso em: 18 jun. 2025.

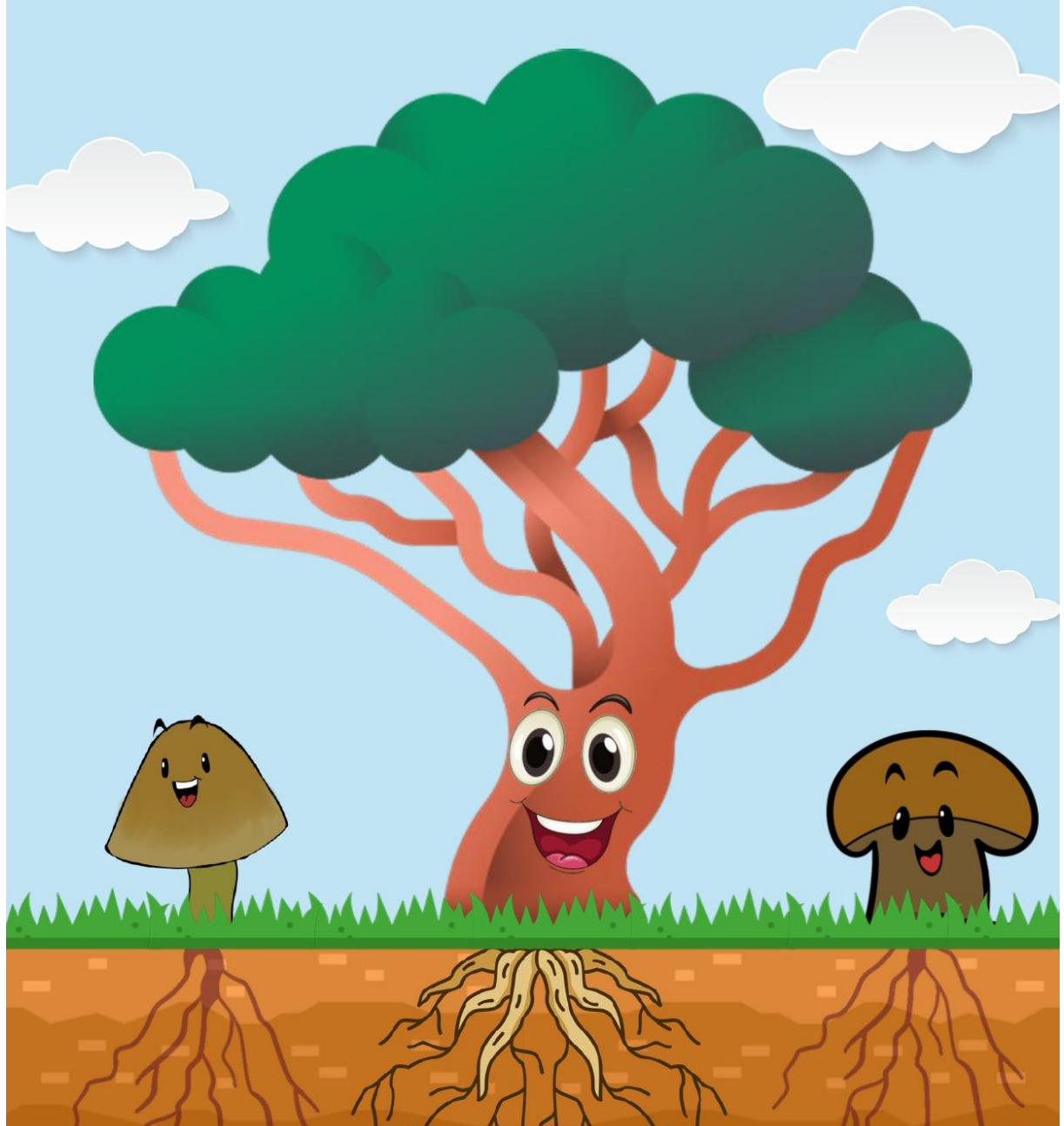
VILAS BOAS, R. C.; MOREIRA, F. M. S. Microbiologia do solo no ensino médio de Lavras, MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 295-306, 2012.

YIN, C.; ZHAO, W.; PEREIRA, P. Soil conservation service underpins sustainable development goals. *Global Ecology and Conservation*, v. 33, p. e01974, 2022.

APÊNDICE A – AMIZADES ENRAIZADAS

AMIZADES ENRAIZADAS

A HISTÓRIA DA AMIZADE ENTRE AS PLANTAS E FUNGOS



Diogo Antônio Roque Gomes
Giselle Gomes Monteiro Fracetto
Felipe José Cury Fracetto



AMIZADES ENRAIZADAS

A HISTÓRIA DA AMIZADE ENTRE AS PLANTAS E FUNGOS

Diogo Antônio Roque Gomes
Giselle Gomes Monteiro Fracetto
Felipe José Cury Fracetto

1ª edição
Recife
2025



**UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO**

Maria José de Sena	Reitora
Maria do Socorro de Lima Oliveira	Vice-reitora
Antão Marcelo Freitas Athayde Cavalcanti	Diretor da Editora da UFRPE
José Abmael de Araújo	Coordenador Administrativo
Josuel Pereira de Souza	Chefe de produção
Victor Sandes de Menezes	Diagramação



Editora Universitária da UFRPE
Endereço: Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n,
Bairro Dois Irmãos CEP: 52171-900 - Recife/PE



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecária Suely Manzi – CRB/4 809

G633a Gomes, Diogo Antônio Roque
Amizades enraizadas: a história da amizade entre fungos e plantas / Diogo Antônio Roque Gomes, Giselle Gomes Monteiro Fracetto. – 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2025.
27 p.: il.
Inclui bibliografia, anexo(s) e apêndice(s).
ISBN FÍSICO: 978-85-7946-482-9
ISBN DIGITAL: 978-85-7946-483-6
1. Micro-organismos 2. Ciência – Estudo e ensino 3. Ecologia vegetal 4. Fungos 5. Micorriza 6. Histórias em quadrinhos
I. Fracetto, Giselle Gomes Monteiro II. Título

CCD 631.46



APRESENTAÇÃO



Micorrizas são associações entre fungos do solo e plantas. É uma das associações mais importantes da natureza. Mas é, infelizmente, pouco explorada no currículo pedagógico do ensino básico. Assim, este material traz uma série de quatro histórias em quadrinho que falam sobre os principais tipos de micorrizas existentes e sua importância. O livro é um material didático que pode ser usado nas aulas de ciências e biologia.

Este livro foi desenvolvido sob orientação da Prof.^a Dr.^a Giselle Gomes Monteiro Fracetto e do Dr. Felipe Cury Fracetto. As ilustrações das histórias foram de Udson Xavier e as demais foram das plataformas gratuitas 'flaticon' e 'letsdraw'.

Convido você, leitor, a explorar a descoberta das amígdalas enraizadas.


Aproveitem!
O Autor



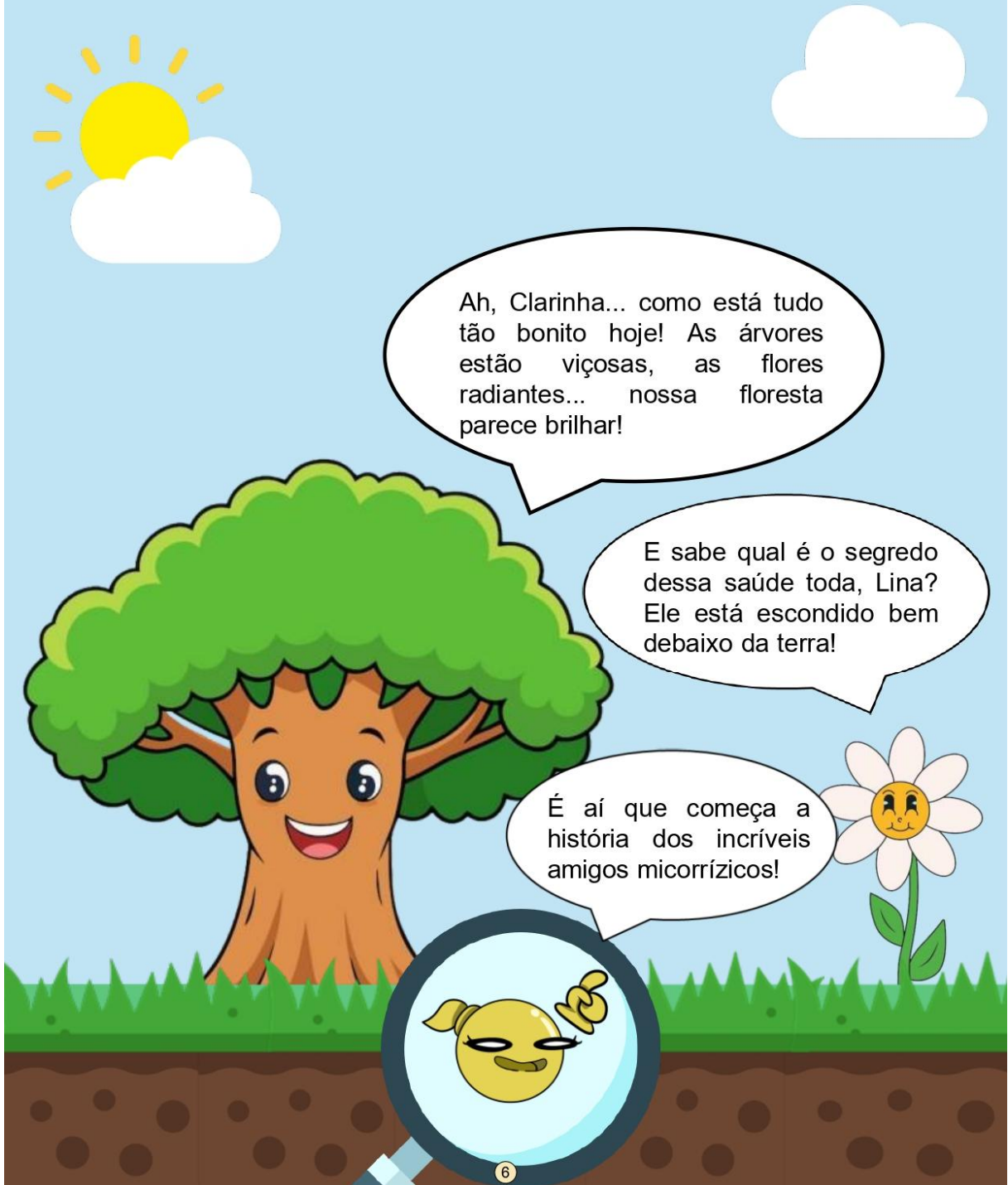


SUMÁRIO

Introdução.....	6
As incríveis micorrizas arbusculares	7
A super micorriza de orquídeas.....	10
As micorrizas ericóides: as amigas do mirtilo.....	12
As ectomicorrizas: as micorrizas externas	14
Glossário	20
Curiosidades.....	24
Referências	24



Em uma floresta harmoniosa, onde o canto dos pássaros se mistura com o sussurro das folhas, a árvore Lina e sua amiga, a margarida Clarinha, conversam animadamente sobre como a natureza é bela em sua floresta.



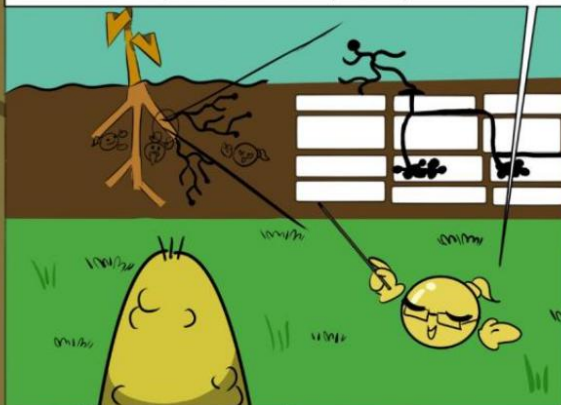
AS INCRÍVEIS MICORRIZAS ARBUSCULARES

A nossa jornada começa com a história das micorrizas arbusculares, que são associações de fungos do solo com várias plantas. Eles ajudam elas em várias situações, e eu sou um deles e me chamo Arbusmico.

Isso mesmo, eu sou o amigo milho e lembro do dia que Arbusmico me ajudou!



Eu formo uma associação benéfica com suas raízes. Basta você liberar suas substâncias que me atraem e sei que você precisa de mim!




estes são meus esporos, eles me ajudam a espalhar e formar novas parcerias com outras plantas.








A SUPER MICORRIZA DE ORQUÍDEAS



Que incrível foi ser ajudado pelo Arbusmico. Fiquei sabendo que uma amiga minha, a dona orquídea, foi ajudada por outro fungo também.



Foi isso mesmo, amigo milho. Eu sou o fungo Myc, só formo micorriza com orquídeas e ajudei sua amiga.

Essa não, estou frutificando!
Minhas sementes precisam germinar mas não consigo fazer isso sozinha!

Ei Orquídea precisa de ajuda?
Sou o fungo Myc e posso te ajudar com a germinação das suas sementes

Obrigada! Como você pode me ajudar?

Eu formo estruturas chamadas pelotons dentro das células das suas sementes. Essas estruturas fornecem os nutrientes e energia necessários para que elas germinem. Sem minha ajuda, suas sementes não conseguiriam germinar, pois não possuem reservas nutritivas suficientes

Olhe, minhas sementes estão crescendo! Obrigada!

Meu trabalho aqui está feito. Quando suas plantas estiverem crescidas, eu vou embora, mas sempre estarei por perto para ajudar novas sementes

As micorrizas orquidóides são essenciais para a sobrevivência das orquídeas, promovendo a germinação das sementes e o crescimento das plântulas. Orquídeas são plantas valiosas no mercado de flores, trazendo benefícios econômicos significativos para agricultores e comerciantes.

AS MICORRIZAS ERICÓIDES: AS AMIGAS DO MIRTILO

Foi muito legal ajudar a dona orquídea a germinar suas sementes. Isso me lembra que tenho outro amigo fungo que ajuda outras plantinhas.

Eu acho que você está falando do Érico. Ele ajuda plantas Ericáceas, que é o grupo dos mirtilos, que eu faço parte



Minhas frutas estão crescendo, mas preciso de ajuda para obter os nutrientes necessários neste solo pobre...

Olá, Mirtilo! Sou o fungo Érico e posso ajudar você a obter os nutrientes de que precisa!

Obrigado, Érico! Como você pode me ajudar?

Eu formo espirais de hifas dentro das células das suas raízes. Essas estruturas ajudam na absorção de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, que são essenciais para seu crescimento

Com minha ajuda, você poderá crescer saudável e produzir frutos abundantes, mesmo em solos pobres

Mirtilos são frutas valiosas no mercado de alimentos, trazendo benefícios econômicos significativos para agricultores e comerciantes.

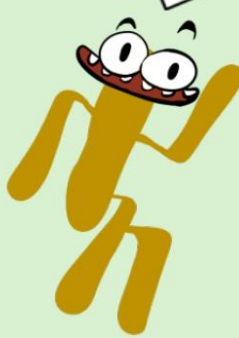
Olhe, estou crescendo forte e saudável! Obrigada, Érico!

Sempre à disposição, amigo Mirtilo!
A natureza é mais forte quando todos trabalham juntos.


Além do impacto econômico, a cultura de mirtilos tem importância social, promovendo a conservação de espécies e a agricultura familiar. A preservação dos mirtilos e suas associações micorrízicas também beneficia a biodiversidade, contribuindo para ecossistemas mais ricos e equilibrados.



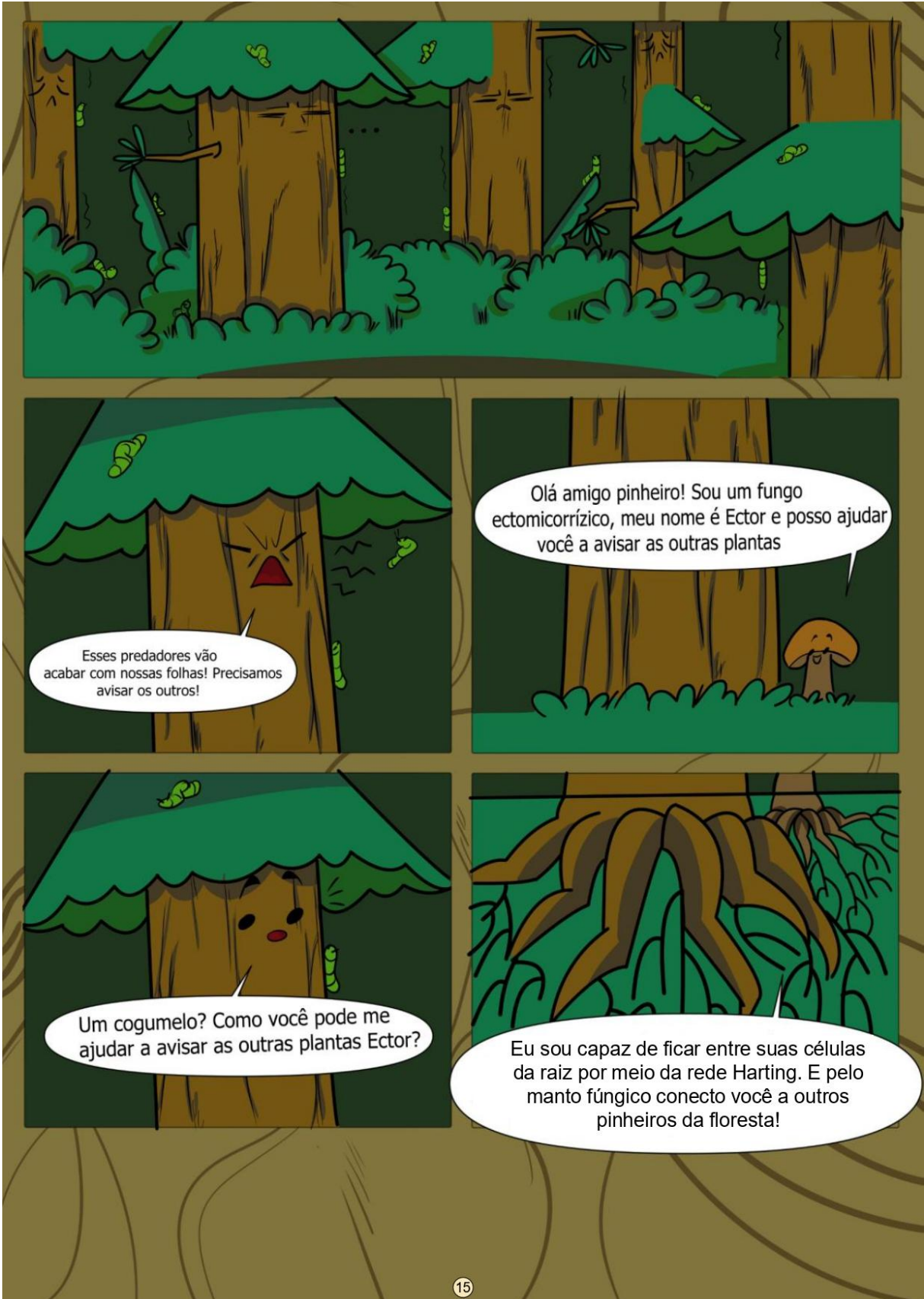
AS ECTOMICORRIZAS: AS MICORRIZAS EXTERNAS



Foi muito bom ajudar o mirtilo. Isso me faz lembrar que um amigo fungo que consegue conectar plantas umas às outras.



Ah, eu conheço ele. O nome dele é Éctor e ele adora ajudar os pinheiros principalmente. Ele forma uma associação fora da raiz diferente dos outros fungos que ficam dentro da raiz.









O milho e o mirtilo ajudados pelas micorrizas vão servir de alimento para os humanos e para os animais. Além de ajudar as plantas, as micorrizas ajudam os agricultores, pois reduzem a necessidade de adubos químicos se o solo estiver com os amigos micorrízicos. E, ao ajudarem as orquídeas e pinheiros, contribuem com a conservação e equilíbrio da natureza. Assim, estudar micorrizas é muito importante.



Cada tipo de micorriza tem um papel especial. Juntas, ajudam as plantas a crescerem fortes e saudáveis!

Lembre-se, cuidar do solo e das micorrizas é cuidar do nosso futuro!



FIM

GLOSSÁRIO

Éctor, eu fiquei sem entender algumas palavras do quadrinho.. Queria aprender mais...

Não se preocupe, Clarinha. Temos aqui o glossário com o significado de alguns termos difíceis!



GLOSSÁRIO

Arbusmico: Nome do personagem da micorriza arbuscular que é junção do termo “Arbus” (Arbuscular) e “Mico” (*do grego mykes – fungos*).

Micorrizas arbusculares: Relação ecológica entre alguns fungos do solo chamados de Glomeromycota. Micorriza significa “fungo de raiz” (*do grego mykes - fungos; rhiza - raiz*). Arbuscular remete ao arbúsculo (estrutura localizada dentro da raiz que promove a interação com a planta).

Associação benéfica: Quando dois seres vivos se ajudam mutuamente, como as micorrizas e as plantas. Ambos se beneficiam dessa parceria.

Orquidóide (micorriza orquidóide): Tipo de micorriza que ajuda as orquídeas a germinarem e crescerem, especialmente nas fases iniciais da vida.

Ericóide (micorriza ericóide): Tipo de micorriza que se associa com plantas ericáceas, ajudando-as a viver em solos pobres em nutrientes.

Ectomicorriza: Tipo de micorriza em que o fungo forma uma camada (manto) ao redor das raízes e cria uma rede de troca de nutrientes.

Esporos: São estruturas produzidas por fungos (e outros organismos) que funcionam como “sementes”, ajudando-os a se espalhar e crescer em outros lugares.

Cruciais: Algo que é muito importante ou essencial para que algo funcione bem ou aconteça corretamente.

Fertilidade do solo: Capacidade do solo de fornecer os nutrientes e condições necessárias para as plantas crescerem com saúde.

GLOSSÁRIO

Frutificar: Momento em que uma planta começa a produzir frutos, como maçãs, tomates ou vagens.

Germinar: É o início da vida de uma planta, quando a semente começa a brotar e crescer.

Reserva nutritiva: Nutrientes armazenados dentro de sementes ou em outras partes das plantas, os quais são usados para colaborar no crescimento inicial.

Plântulas: As primeiras plantinhas que nascem após a germinação da semente. São como "bebês" das plantas.

Ericáceas: Grupo de plantas que vivem em solos pobres e ácidos, como o mirtilo (*blueberry*) e a azaleia. Elas geralmente precisam da ajuda de micorrizas para conseguir nutrientes.

Absorção: É quando algo (como uma planta ou fungo) "puxa" e retém substâncias do ambiente, como água ou nutrientes do solo.

Abundantes: Algo que existe em grande quantidade, que é comum ou fácil de encontrar.

Biodiversidade: Variedade de seres vivos que existem em um ambiente — como plantas, animais, fungos e microrganismos.

Solo pobre: Solo com poucos nutrientes e matéria orgânica, o que torna difícil o crescimento saudável das plantas.

Nutrientes: Substâncias essenciais para o crescimento e funcionamento dos seres vivos, como nitrogênio, fósforo e potássio.

Conservação de espécies: Ações para proteger plantas, animais e outros seres vivos da extinção, mantendo a natureza equilibrada.

Manto fúngico: Camada formada por fungos ao redor das raízes das plantas, ajudando na proteção e na absorção de água e nutrientes.

GLOSSÁRIO

Rede de Hartig: Rede de filamentos do fungo que penetra entre as células das raízes, facilitando a troca de nutrientes com a planta.

Predadores: Pragas como insetos ou microrganismos que atacam plantas e causam danos à sua saúde.

Compostos químicos naturais defensivos: Substâncias que as plantas ou fungos produzem para se proteger de pragas, doenças ou outros perigos.

Estresses: Situações difíceis para as plantas, como falta de água, calor excessivo, frio intenso ou solo com poucos nutrientes.

Fertilizantes químicos: Produtos feitos em laboratório ou indústria que são adicionados ao solo para aumentar a quantidade de nutrientes disponíveis para as plantas. Geralmente, são caros e podem ser ruim para o solo.

Agricultura: Atividade que envolve o cultivo da terra para produzir alimentos, como frutas, grãos e vegetais.

Segurança alimentar: Quando todas as pessoas têm acesso constante a alimentos suficientes, seguros e nutritivos para uma vida saudável.



CURIOSIDADES



Micorrizas: uma amizade muito antiga!

Você sabia que as micorrizas existem há cerca de 400 milhões de anos? Elas ajudaram as primeiras plantas a saírem da água e conquistarem a terra firme!



Economia para os agricultores

As micorrizas ajudam as plantas a absorver melhor o fósforo do solo, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos. Isso significa menos gastos para os agricultores e uma produção mais sustentável.



Recuperação de áreas degradadas

Esses fungos são utilizados na recuperação de áreas degradadas pela agricultura e mineração, ajudando na restauração do solo e no reflorestamento com espécies nativas.



Micorrizas caseiras

Alguns agricultores estão produzindo produtos biológicos caseiros com micorrizas para melhorar o solo e reduzir custos. É uma alternativa sustentável e econômica!



Conexão entre plantas

As micorrizas formam uma rede subterrânea que conecta diferentes plantas, permitindo a troca de nutrientes e informações. É como uma internet natural das plantas!

REFERÊNCIAS

CARDOSO, E.J.B.N.; ANDREOTE, F. D. **Microbiologia do solo**. 2° ed. Piracicaba, ESALQ, 2016.

GENRE, Andrea *et al.* Unique and common traits in mycorrhizal symbioses. **Nature Reviews Microbiology**, v. 18, n. 11, p. 649-660, 2020.

MOREIRA, Fátima; SIQUEIRA, José Oswaldo. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora Ufla, 2006.

SHELDRAKE, Merlin. **Trama da vida: como os fungos constroem o mundo**. Fósforo, 2021.

TEDERSOO, Leho; BAHRAM, Mohammad. Mycorrhizal types differ in ecophysiology and alter plant nutrition and soil processes. **Biological Reviews**, v. 94, n. 5, p. 1857-1880, 2019



O livro “Amizades Enraizadas” tem o objetivo de apresentar, por meio de histórias em quadrinho, as principais relações micorrízicas que existem na natureza: arbuscular, orquidóide, ericóide e ectomicorrizas.

