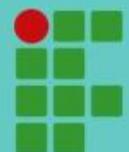


HISTÓRIAS EM
QUADRINHOS PARA A
POPULARIZAÇÃO DA
CIÊNCIA NA
EDUCAÇÃO BÁSICA



Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica

Mestranda: Elôany Lázara de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Guilherme Malafaia



INSTITUTO
FEDERAL

Goiano

Campus
Urutaí

Maio de 2021



**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus
Urutaí**
Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica

**HISTÓRIAS EM QUADRINHOS PARA A POPULARIZAÇÃO DA
CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

ELÔANY LÁZARA DE OLIVEIRA

Orientador(a): Prof. Dr. Guilherme Malafaia

Urutaí, maio de 2021



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano

Reitor

Prof. Dr. Elias de Pádua Monteiro

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Alan Carlos da Costa

Campus Urutaí

Diretor Geral

Prof. Dr. Paulo César Ribeiro Cunha

Diretor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Prof. Dr. Anderson Rodrigo da Silva

Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica

Coordenador

Prof. Dr. Ricardo Diógenes Dias Silveira

Urutaí, maio de 2021

ELÔANY LÁZARA DE OLIVEIRA

HISTÓRIAS EM QUADRINHOS PARA A POPULARIZAÇÃO DA
CIÊNCIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Orientador

Prof. Dr. Guilherme Malafaia

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica para obtenção do título de Mestre.

Urutaí (GO)
2021

Os direitos de tradução e reprodução reservados.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser gravada, armazenada em sistemas eletrônicos, fotocopiada ou reproduzida por meios mecânicos ou eletrônicos ou utilizada sem a observância das normas de direito autoral.

ISSN XX-XXX-XXX

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - SIB/IF Goiano

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

d48h de Oliveira, Elôany
Histórias em quadrinhos para a popularização da
ciência na educação básica / Elôany de Oliveira;
orientador Guilherme Malafaia. -- Urutaí, 2021.
75 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação
em Ensino para a Educação Básica) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Urutaí, 2021.

1. Divulgação científica. 2. Educação científica. 3.
Ciência em quadrinhos. 4. Recursos didáticos. 5.
Ensino criativo. I. Malafaia, Guilherme, orient.
II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Elôany Lázara de Oliveira

Matrícula: 2019101332140036

Título do Trabalho: Histórias em quadrinhos para popularização da ciência na educação básica

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 28/06/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

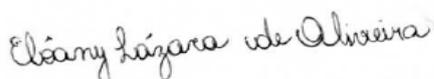
DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutaí, 28/06/2021

Ciente e de acordo:



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



Prof. Dr. Guilherme Malafaia
Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 47/2021 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

ATA Nº/09

BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Aos vinte e oito dias do mês de maio do ano de dois mil e vinte e um, às nove horas, reuniram-se os componentes da banca examinadora em sessão pública realizada por videoconferência, para procederem à avaliação da defesa de dissertação em nível de mestrado, de autoria de **Elôany Lázara de Oliveira**, discente do **Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí**, com o trabalho intitulado "**Histórias em quadrinhos para a popularização da ciência na educação básica**". A sessão foi aberta pelo presidente da banca examinadora, **Prof. Dr. Guilherme Malafaia**, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida à autora da dissertação para, em 30 minutos proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica a dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRA EM ENSINO PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA**, na área de concentração em **Ensino para a Educação Básica**, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica da versão definitiva da dissertação. Assim sendo, a defesa perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60 (sessenta) dias** da sua ocorrência. A banca examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa dissertação em periódicos e o depósito do produto educacional em repositório de domínio público. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e para constar, foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada eletronicamente pelos membros da banca examinadora.

Membros da Banca Examinadora:

Nome	Instituição	Situação no Programa
Prof. Dr. Guilherme Malafaia	IF Goiano - Campus	Presidente

Urutaí

Profa. Dra. Daniela de Melo e Silva	UFG	Membro externo
Profa. Dra. Lucélia Gonçalves Vieira	UFC	Membro externo
Profa. Dra. Taísa Resende Sousa	UnB	Membro externo

Documento assinado eletronicamente por:

- Daniela de Melo e Silva, Daniela de Melo e Silva - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259), em 25/06/2021 17:21:25.
- Lucélia Gonçalves Vieira, Lucélia Gonçalves Vieira - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 14/06/2021 15:07:28.
- Taísa Resende Sousa, Taísa Resende Sousa - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 08/06/2021 14:52:06.
- Guilherme Malafaia Pinto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/05/2021 13:40:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/05/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 273276
Código de Autenticação: ba28e122db



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Urutaí
Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, URUTAI / GO, CEP 75790-000
(64) 3465-1900



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

FOLHA DE APROVAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Título da dissertação: Histórias em quadrinhos para a popularização da ciência na educação básica).

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Malafaia

Autora: Elôany Lázara de Oliveira

Dissertação de Mestrado **APROVADA** em **28 de maio de 2021**, como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRA EM ENSINO PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA**, pela Banca Examinadora especificada a seguir:

Prof. Dr. Guilherme Malafaia - Orientador	IF Goiano
Profa. Dra. Daniela de Melo e Silva	UFG
Profa. Dra. Lucélia Gonçalves Vieira	UFC
Profa. Dra. Taísa Resende Sousa	UnB

Documento assinado eletronicamente por:

- Daniela de Melo e Silva, Daniela de Melo e Silva - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259), em 25/06/2021 17:20:43.
- Lucélia Gonçalves Vieira, Lucélia Gonçalves Vieira - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 14/06/2021 15:06:33.
- Taísa Resende Sousa, Taísa Resende Sousa - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 08/06/2021 14:53:11.
- Guilherme Malafaia Pinto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/05/2021 13:44:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/05/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 273293

Código de Autenticação: f67d1916bb



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, URUTAI / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 15/2021 - CREPG-UR/DPGPI-UR/CMPURT/IFGOIANO



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO - CAMPUS URUTAÍ

**Programa de Pós-Graduação em
Ensino para a Educação Básica**

**FICHA DE AVALIAÇÃO DE PRODUTO/PROCESSO
EDUCACIONAL PELA BANCA DE DEFESA**

Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí - PPG-ENEB

Discente: Elôany Lázara de Oliveira

Título da Dissertação/Tese: Histórias em quadrinhos para a popularização da ciência na educação básica.

Título do Produto: Coletânea - Ciência em quadrinhos

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Malafaia

FICHA DE VALIDAÇÃO DE PRODUTO/PROCESSO EDUCACIONAL (PE)

Complexidade - compreende-se como uma propriedade do PE relacionada às etapas de elaboração, desenvolvimento e/ou validação do Produto Educacional.

***Mais de um item pode ser
marcado.**

(x) O PE é concebido a partir da observação e/ou da prática do profissional e está atrelado à questão de pesquisa da dissertação ou tese.

(x) A metodologia apresenta clara e objetivamente a forma de aplicação e análise do PE.

(x) Há uma reflexão sobre o PE com base nos referenciais teóricos e teórico-metodológicos empregados na respectiva dissertação ou tese.

() Há apontamentos sobre os limites de

	utilização do PE.
Impacto - considera-se a forma como o PE foi utilizado e/ou aplicado nos sistemas educacionais, culturais, de saúde ou CT&I. É importante destacar se a demanda foi espontânea ou contratada.	<input type="checkbox"/> Protótipo/Piloto não utilizado no sistema relacionado à prática profissional do discente. <input checked="" type="checkbox"/> Protótipo/Piloto com aplicação no sistema Educacional no Sistema relacionado à prática profissional do discente.
Aplicabilidade - relaciona-se ao potencial de facilidade de acesso e compartilhamento que o PE possui, para que seja acessado e utilizado de forma integral e/ou parcial em diferentes sistemas.	<input type="checkbox"/> PE tem características de aplicabilidade a partir de protótipo/piloto, mas não foi aplicado durante a pesquisa. <input type="checkbox"/> PE tem características de aplicabilidade a partir de protótipo/piloto e foi aplicado durante a pesquisa, exigível para o doutorado. <input checked="" type="checkbox"/> PE foi aplicado em diferentes ambientes/momentos e tem potencial de replicabilidade face à possibilidade de acesso e descrição.
Acesso - relaciona-se à forma de acesso do PE.	<input checked="" type="checkbox"/> PE sem acesso, porém após a defesa o PE será disponibilizado ao público e gratuitamente. <input type="checkbox"/> PE com acesso via rede fechada. <input type="checkbox"/> PE com acesso público e gratuito.
FICHA DE VALIDAÇÃO DE PRODUTO/PROCESSO EDUCACIONAL (PE)	
	<input type="checkbox"/> PE com acesso público e gratuito pela página do Programa. <input type="checkbox"/> PE com acesso por Repositório institucional - nacional ou internacional - com acesso público e gratuito.
Aderência - compreende-se como a origem do PE apresenta origens nas atividades oriundas das linhas e projetos de pesquisas do PPG em avaliação.	<input type="checkbox"/> Sem clara aderência às linhas de pesquisa ou projetos de pesquisa do PPG <i>stricto sensu</i> ao qual está filiado. <input checked="" type="checkbox"/> Com clara aderência às linhas de pesquisa ou projetos de pesquisa do PPG <i>stricto sensu</i> ao qual está filiado.
Inovação - considera-se que o PE é/foi criado a partir de algo novo ou da reflexão e modificação de algo já existente revisitado de forma inovadora e original.	<input checked="" type="checkbox"/> PE de alto teor inovador (desenvolvimento com base em conhecimento inédito). <input type="checkbox"/> PE com médio teor inovador (combinação e/ou compilação de conhecimentos pré-estabelecidos). <input type="checkbox"/> PE com baixo teor inovador (adaptação de conhecimento(s) existente(s)).

Breve relato sobre a abrangência e/ou a replicabilidade do PE):

Profa. Dra. Daniela de Melo e Silva

A dissertação está bem escrita e tem um caráter inovador. A ideia principal do produto foi criar histórias em quadrinhos, baseadas em 12 artigos científicos, para divulgar em escolas para crianças da educação infantil. As histórias ficaram criativas, estão bem ilustradas e com conteúdo voltado para o público-alvo. As histórias estão de fácil entendimento e podem ser utilizadas em diversos cenários, escolas e situações, para demonstrar como os cientistas atuam. O material poderá ser replicado e dará ideia para que outros grupos de pesquisa possam fazer o mesmo, auxiliando na divulgação ampla e verdadeira da ciência, a qual tem sido tão rechaçada nos últimos tempos, sendo contestada por pessoas que desconhecem a importância da mesma para o desenvolvimento científico e tecnológico de uma nação.

Profa. Dra. Lucélia Gonçalves Vieira

O trabalho realizado foi muito bem elaborado e atende, com excelência, aos requisitos do processo educativo

Profa. Dra. Taísa Rezende Sousa

O trabalho apresentado é extremamente criativo, inovador e importante para a Educação Básica. É autoral, com referências adequadas cumprindo a meta de popularização da ciência. É denso e muito relevante para o desenvolvimento científico.

Prof. Dr. Guilherme Malafaia - Presidente da banca - *(Assinado eletronicamente)*

Profa. Dra. Daniela de Melo e Silva - Membro Externo - *(Assinado eletronicamente)*

Profa. Dra. Lucélia Gonçalves Vieira - Membro Externo - *(Assinado eletronicamente)*

Profa. Dra. Taísa Resende Sousa - Membro Externo - *(Assinado eletronicamente)*

Urutaí, 28 de maio de 2021.

Documento assinado eletronicamente por:

- Taísa Resende Sousa, Taísa Resende Sousa - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 26/06/2021 09:27:36.
- Daniela de Melo e Silva, Daniela de Melo e Silva - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (10651417000259), em 25/06/2021 17:10:30.
- Lucélia Gonçalves Vieira, Lucélia Gonçalves Vieira - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal de Goiás (01567601000143), em 14/06/2021 15:05:04.
- Guilherme Malafaia Pinto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 28/05/2021 12:13:23.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/05/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 273297

Código de Autenticação: ab280c9c23



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutaí

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, None, URUTAI / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

“A maioria das ideias fundamentais da ciência são essencialmente sensíveis e, regra geral, podem ser expressas em linguagem compreensível a todos”.

Albert Einstein

ELÔANY LÁZARA DE OLIVEIRA

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Malafaia

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica para obtenção do título de Mestre.

URUTAÍ (GO)
2021

AGRADECIMENTOS

- ✓ Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida e saúde conferida a mim, sendo crucial para o cumprimento dessa importante etapa de minha formação acadêmica. Sem dúvidas o caminho que percorri nesses dois anos de formação foi sustentado por muita fé.
- ✓ Ao meu orientador, Professor Dr. Guilherme Malafaia, pela condução do trabalho com maestria, pela conduta, caráter e ética no desenvolvimento dessa pesquisa. Agradeço-o também pelas inúmeras vezes que percebeu minha aflição, tendo me orientado a ter calma e confiança no propósito da pesquisa. Os mais sinceros agradecimentos a ele que, apesar da intensa rotina de trabalho se dedicou em orientar e compartilhar de sua gigantesca experiência como professor pesquisador. Tive mesmo a sorte de ter estado sob sua orientação. O reflexo de sua dedicação como professor e profissional que és desperta-me além de tamanha admiração e respeito, os mais sinceros sentimentos de gratidão.
- ✓ Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino para a Educação Básica (PPG-ENEB), pela oportunidade de convivência com professores e colegas que não hesitaram em compartilhar experiências e conhecimentos ímpares sobre os mais variados aspectos que os envolveram no campo profissional e pessoal.
- ✓ Agradeço todos integrantes da minha família que por vezes se preocuparam em entender e ajudar com palavras otimistas em momentos de aflição. Em especial, registro meus agradecimentos à minha mãe, Marislei Aparecida de Paiva Oliveira, que sempre me apoiou, incentivou, acreditou na minha capacidade de vencer essa etapa e que esteve comigo nos tempos mais difíceis. Também agradeço ao meu pai, Welson José de Oliveira, que ainda que timidamente, considerou que esta seria uma grande conquista para mim.
- ✓ Os meus agradecimentos se estendem ainda aos amigos próximos que também vibraram desde a aprovação no processo seletivo até à conclusão deste estudo, àqueles que acompanharam a escrita de cada história do produto educacional, o aperfeiçoamento dos desenhos, pesquisa, escrita e defesa desta dissertação.
- ✓ Por fim, agradeço aos professores que compuseram a banca examinadora desta dissertação, os quais se dispuseram a participar deste importante momento da minha formação, além de terem contribuído para a melhoria deste trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
1.INTRODUÇÃO.....	16
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1. Seleção e avaliação dos artigos científicos.....	19
2.2. Elaboração das histórias em quadrinhos.....	23
2.3. Participação dos pesquisadores na elaboração das histórias em quadrinhos.....	24
2.4. Análise dos dados.....	25
3. RESULTADOS.....	25
3.1. Histórias em quadrinhos elaboradas.....	25
3.1.1 História em quadrinhos n. 1.....	25
3.1.2. História em quadrinhos n. 2.....	28
3.1.3. História em quadrinhos n. 3.....	31
3.1.4. História em quadrinhos n. 4.....	34
3.1.5. História em quadrinhos n. 5.....	37
3.1.6. História em quadrinhos n. 6.....	40
3.1.7. História em quadrinhos n. 7.....	43
3.1.8. História em quadrinhos n. 8.....	46
3.1.9. História em quadrinhos n. 9.....	49
3.1.10. História em quadrinhos n. 10.....	52
3.1.11. História em quadrinhos n. 11.....	55
3.1.12. História em quadrinhos n. 12.....	58
4. Avaliação dos autores dos artigos e suas participações.....	60
5. DISCUSSÃO.....	62
5.1. O envolvimento de cientistas/pesquisadores em atividades de popularização da ciência.....	62
5.2. As histórias em quadrinhos.....	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
7. REFERÊNCIAS.....	68

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Desenho esquemático das etapas que precederam a finalização das histórias em quadrinhos elaborados no presente estudo.....23
- Figura 2-** Imagem da primeira folha do estudo de Han et al. (2017), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 1, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....25
- Figura 3-** Imagem da primeira folha do estudo de Amaral et al. (2018), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 2, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....28
- Figura 4-** Imagem da primeira folha do estudo de Cristiano et al. (2018), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 3, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....31
- Figura 5-** Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Campos et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos de n.4, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....34
- Figura 6-** Imagem da primeira folha do estudo de Mesak et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da quarta história em quadrinhos n. 5, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....37
- Figura 7-** Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Adhikari et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 6, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....40
- Figura 8-** Imagem parte superior da primeira folha do estudo de Argaez et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 7, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....43
- Figura 9-** Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Bastos et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 8, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....46
- Figura 10-** Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Carneiro et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 9, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....49
- Figura 11-** Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Lewis et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 10, com destaque para o nome do

periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....53

Figura 12- Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Loram-Lourenço et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 11, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....55

Figura 13- Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Silva et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 12, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.....58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Informações gerais sobre os artigos tomados como base para a elaboração das histórias em quadrinhos.....	20
Quadro 2. Artigos utilizados no presente estudo e links de acesso aos seus conteúdos na íntegra.	23
Quadro 3. Resumo geral da história em quadrinhos n. 1, intitulada “Famosos pela pesquisa”, a qual foi elaborada com base no estudo de Han et al. (2017).....	28
Quadro 4. Resumo geral da história em quadrinhos n. 2, intitulada “O girino aventureiro: percebendo comportamentos estranhos”, elaborada com base no estudo de Amaral et al. (2018).....	31
Quadro 5. Resumo geral da história em quadrinhos n. 3, intitulada “Uma operária perdida entre 50 ninhos”, a qual foi elaborada com base no estudo de Cristiano et al. (2019).....	33
Quadro 6. Resumo geral da história em quadrinhos n. 4, intitulada “Tilápias em perigo”, a qual foi elaborada com base no estudo de Campos et al. (2019).....	36
Quadro 7. Resumo geral da história em quadrinhos n. 5, intitulada “A tartaruga anciã e o peixe mensageiro: salvando os filhotes”, a qual foi elaborada com base no estudo de Mesak et al. (2019).....	39
Quadro 8. Resumo geral da história em quadrinhos n. 6, intitulada “A ameaça ao coronavírus”, a qual foi elaborada com base no estudo de Adhikari et al. (2020).....	42
Quadro 9. Resumo geral da história em quadrinhos n. 7, intitulada “Uma pesquisa espionada”, a qual foi elaborada com base no estudo de Argaez et al. (2020).....	45
Quadro 10. Resumo geral da história em quadrinhos n. 8, intitulada “História de avó: uma experiência imaginada”, a qual foi elaborada com base no estudo de Bastos et al. (2020).....	48
Quadro 11. Resumo geral da história em quadrinhos n. 9, intitulada “O sonho de um camundongo pesquisador”, a qual foi elaborada com base no estudo de Carneiro et al. (2020).....	52
Quadro 12. Resumo geral da história em quadrinhos n. 10, intitulada “O caso das salamandras das caudas perdidas”, a qual foi elaborada com base no estudo de Lewis et al. (2020).....	55
Quadro 13. Resumo geral da história em quadrinhos n. 11, intitulada “Os segredos das superárvores do Cerrado” a qual foi elaborada com base no estudo de Loram-Lourenço et al. (2020).....	57
Quadro 14. Resumo geral da história em quadrinhos n. 12, intitulada “Uma planta em apuros”, a qual foi elaborada com base no estudo de Silva et al. (2020).....	60

RESUMO

Motivados e inspirados nas relevantes questões que defendem as iniciativas de popularização da ciência e uso de ferramentas/recursos para trabalhar as descobertas científicas, dedicamo-nos a elaborar histórias em quadrinhos em parceria com autores de diferentes artigos científicos brasileiros publicados em importantes revistas internacionais. A partir de uma pesquisa teórica e exploratória com técnica de revisão não sistemática da literatura foram selecionados 12 artigos. Tais artigos serviram de base para a construção dos cenários, enredos e personagens das histórias que, tomados em conjunto, tiveram a intenção de popularizar os estudos selecionados, adotando um estilo de quadrinhos com linguagem acessível a estudantes da educação básica. Ao final, convidamos os autores (n=87) de todos os artigos a avaliarem as histórias elaboradas e a emitirem opiniões gerais sobre elas. Nossos resultados relevam que é possível realizar a popularização dos artigos técnico-científicos por meio de histórias em quadrinhos voltadas para estudantes da educação básica. As histórias elaboradas abrangeram temas e assuntos diversos, com inserção nas áreas das Ciências da Saúde e Ciências Ambientais. Os autores dos artigos que participaram do nosso trabalho não apenas contribuíram com o aperfeiçoamento das histórias, como também as consideraram coerentes com o conteúdo de seus artigos, além de terem apresentado cenários, enredos e personagens que facilitam o entendimento por parte do público-alvo. Portanto, nosso estudo disponibiliza recursos didáticos criativos e inovadores que podem ser utilizados em diferentes contextos educacionais, contribuindo, portanto, para a popularização da ciência no nível básico da educação brasileira.

Palavras-chave: Divulgação científica, educação científica, ciência em quadrinhos, recursos didáticos, ensino criativo.

ABSTRACT

Motivated and inspired by the relevant issues that sustain the initiatives of popularization of science and the use of instruments/resources to work on scientific findings, we dedicated to drawing up a comic strip in partnership with authors of different Brazilian scientific articles published in important international journals. From theoretical and exploratory research with a technique of non-systematic review of the 12 articles were selected in the literature. The articles served as a basis for the construction of the scenarios, plots, and characters of the stories that, taken together, have the intention to popularize the selected studies, adhering to a cartoon style with language accessible to basic education students. In the end, we invite the authors ($n = 87$) of all articles to be appraised as elaborated stories and to give out general positions about them. Our results reveal that it is possible to popularize technical-scientific articles means through comic strips aimed at students of basic education. The elaborated stories encompass miscellaneous topics and issues, with Insertion in the areas of Health Sciences and Environmental Sciences. The authors of the articles who participated in our study not only contributed to the enhancement of the stories, as well as consider them cohesive with the content of their articles, in addition to having presented scenarios, plots, and characters that facilitate understanding by part of the target audience. Therefore, our study provides creative educational resources and groundbreaking that can be used in different educational contexts, contributing, therefore, to the popularization of Science at the basic level of Brazilian education.

Keywords: Scientific disclosure, scientific education, science comics, didactic resources, academic creative teaching.

1. INTRODUÇÃO

A ciência compreende um processo altamente dinâmico que envolve desde aspectos que mobilizam o pesquisador no desenvolvimento da pesquisa científica até seus impactos na sociedade (Droescher & Silva, 2014). A tecnologia, por sua vez, requer conhecimento para elaboração e para o emprego efetivo dos seus benefícios dentro de um sistema social (Surry & Baker, 2015). Em um processo bilateral, os avanços da ciência e tecnologia se relacionam em favor do desenvolvimento econômico e do progresso social (Xu, 2020; Chaves & Moro, 2007). Diante disso, é inegável que as descobertas científicas e as aplicações tecnológicas trouxeram enormes benefícios para sociedade, com implicações profícuas nas questões emergentes e desafios globais, incluindo o meio ambiente (Parr et al., 2003; Sonter et al., 2018), saúde (Barsdorf & Millum, 2017), alimentos (Pathakoti et al., 2017), inteligência artificial (Butler et al., 2018; Górriz et al., 2020), dentre outros.

Apesar disso, conforme discutido por Tilly (2007), os avanços científicos permanecem globalmente distribuídos de forma desigual. Ainda que as informações científicas decorrentes desses sejam dispersas em larga escala (Takahashi & Tandoc, 2015; Guenther et al., 2017; López-Goñi & Sánchez-Angulo, 2018) há ainda grandes entraves entre a disponibilidade do conhecimento gerado e sua acessibilidade e compreensibilidade por grande parte do público (Bromme & Goldman, 2014). Conforme ressaltado por Timmermann (2013), as estratégias adotadas ou o engajamento para o compartilhamento dos avanços científicos não têm sido suficientes para garantir à sociedade o seu acesso e compreensão de como eles podem ser utilizados em prol de benefícios no cotidiano das pessoas (Timmermann, 2013). Logo, é necessário atentar-se aos meios pelos quais as informações científicas são dispersas, os quais podem não facilitar a popularização do conhecimento científico (Holpf et al., 2019; De Souza Aragão, 2020). Portanto, mesmo com a crescente publicação das informações científicas obtidas por meio de diferentes estudos, seus resultados ainda estão inacessíveis a uma grande parcela da sociedade (Cafield et al., 2020). De acordo com Besley (2014), as inúmeras descobertas científicas e tecnológicas podem influenciar positivamente a qualidade de vida das pessoas; no entanto, paradoxalmente, uma abordagem inclusiva com enfoque na ciência ainda é negligenciada por grande parte dos atores envolvidos na condução das pesquisas, especialmente, os pesquisadores/cientistas.

Uma forma de popularizar e publicitar a ciência tem sido sua divulgação em distintas mídias sociais (Riescha & Mendel, 2014; Takahashi & Tandoc, 2015; Guenther et al., 2017; Mattiello, 2017). Entretanto, isso, por si só, não garante que a sociedade tenha acesso amplo ao progresso científico e que seja capaz de compreendê-lo de forma a usufruir dos seus benefícios

(Timmermann, 2013; Medina, 2020). A inacessibilidade e o entendimento limitado do público sobre os avanços da ciência repercutem negativamente na participação da sociedade nas políticas e processos de tomada de decisão (Bultitude, Rodari, Weitkamp, 2012). Além disso, uma crise de confiança entre o público e ciência tem acentuado a distância entre eles, além de criar um cenário propício para a construção de uma imagem distorcida da sociedade sobre o conhecimento científico, sua veracidade e sua validade (Bauer, 2009). Desse modo, a incompreensão do público sobre as pesquisas tem prejudicado a capacidade de a ciência cumprir seus papéis essenciais na sociedade, já que parte expressiva da população ainda segue marginalizada e minorizada pela negação histórica do acesso ao conhecimento científico em um perigoso processo de exclusão social (Germano, 2011). Portanto, trata-se não somente de um problema de acesso à ciência, mas também da compreensão dos avanços científicos (Massarani, & Merzagora, 2014). Diante disso, emergem-se iniciativas que buscam aproximar o conhecimento científico produzido à sociedade, tornando-o acessível socialmente (Basniak et al., 2018; Nagaraj et al., 2020) e permitindo seu uso para a construção de valores, atitudes e até mesmo mudanças de hábitos em prol de uma sociedade melhor, mais justa e sustentável (Vogt, 2012).

Nesse contexto, insere-se a pretensa e necessária popularização da ciência. Embora essa seja uma questão complexa, a começar pela recorrente confusão conceitual, diversas razões justificam a sua necessidade atual (Germano & Kulesza, 2007; Porfiro & Baldino, 2018). Argumentos sustentam que a popularização da ciência é uma questão essencial para a conduta, avanço científico e desenvolvimento da sociedade, especialmente para: i) inclusão social via acesso a uma importante forma de conhecimento pela população e reconhecimento de suas aplicações; ii) desconstrução da ciência como perfeita e infalível; sobretudo, sobre o mito de compreensão inacessível de suas possibilidades e limitações; iii) descredenciamento das pseudociências e falsas crenças que ainda persistem principalmente nos meios populares; iv) apoio da sociedade ao necessário financiamento de projetos científicos, tido como base para inovações tecnológicas e desenvolvimento econômico, e v) maior capacidade de apreciação dos avanços da ciência (Germano, 2011). Dubińska-Magiera et al. (2020) ainda discutem que as iniciativas nessa área são benéficas à sociedade e se configuram como ferramenta valiosa para consciência social, pensamento crítico, influência na tomada de decisões, incentivo à busca atividades acadêmicas e carreiras científicas, além de permitir um novo olhar sobre o papel da pesquisa científica no desenvolvimento social.

Na corrente desse movimento, devem situar-se as iniciativas de popularização da ciência; sobretudo, nas instituições de ensino cuja tarefa, dentre outras, é contribuir com a formação

básica dos sujeitos (Silva et al., 2017). Embora estudos, tais como os de Luzón (2013), Diani & Sezzi (2020) e Dubińska-Magiera et al. (2020) relatem diferentes formas de trabalhar temas científicos, considera-se fundamental que outros recursos sejam propostos e adotados para ampliar a oferta de oportunidades de compreensão dos métodos, das descobertas, das suas aplicações e das possibilidades e limitações da ciência. Nesse segmento, estudos têm destacado os potenciais benefícios do uso de quadrinhos como recurso adicional para o desenvolvimento da popularização científica em propostas de ensino criativo, sugerindo ainda que sejam utilizados como uma forma empolgante de comunicar assuntos relacionados à ciência (Farinella, 2018; Dahlstrom, 2014; Hosler & Boomer, 2017; Kim, 2012). Apesar dos quadrinhos científicos não se referir a uma novidade nos tempos atuais, as discussões sobre seu uso têm se intensificado nos últimos anos, especialmente devido aos seus benefícios translacionais, já que permitem que questões didático-pedagógicas que facilitam a construção do conhecimento e a compreensão dos conteúdos científicos podem ser trabalhadas intrínseca- e associadamente (Akcanca, 2020; Fioravanti et al., 2016). Considerando que as narrativas dos quadrinhos apelam ao visual da representação gráfica dos personagens, a criatividade dos cenários, ações e outras propriedades contextuais, é possível que elas facilitem a transposição de conhecimento altamente especializado e de linguagem técnica para a população não-científica (Jee & Anggoro 2012), conforme demonstrado em alguns trabalhos prévios (Lin et al., 2015; Koutníková, 2017).

Contudo, o conteúdo desses quadrinhos, suas representações das descobertas científicas, bem como a imagem da ciência e dos cientistas, podem afetar negativamente a visão dos seus leitores. Parte disso, se deve especialmente ao distanciamento que ainda existe entre os geradores de conhecimentos (i.e., pesquisadores/cientistas) e os criadores desses quadrinhos (Jee & Anggoro 2012). Além disso incorrer no risco de o conteúdo científico ser popularizado de forma distorcida (pois nem sempre os criadores dos quadrinhos possuem conhecimento especializado sobre a temática da pesquisa alvo da popularização), perde-se a chance de envolver e despertar nos pesquisadores o interesse pela popularização científica, bem como o despertar sobre a importância desse processo no desenvolvimento social.

Nessa perspectiva, motivados e inspirados nas relevantes questões que defendem as iniciativas de popularização da ciência e as histórias em quadrinhos como potencial ferramenta para trabalhar as descobertas científicas com um amplo público, dedicamo-nos a elaborar histórias em quadrinhos em parceria com os autores de diferentes artigos científicos brasileiros publicados em importantes revistas internacionais. Acreditamos que nosso estudo, se configura em uma iniciativa pioneira e criativa de popularizar o conhecimento científico produzido nas diferentes instituições, em forma de quadrinhos. Acreditamos ainda que essa iniciativa parte de

uma abordagem em que os pesquisadores/cientistas são colocados como protagonistas do processo, partindo do pressuposto que isso pode estreitar as relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e a popularização do conhecimento gerado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido com base na adoção de procedimentos metodológicos mistos para desenvolver e avaliar as histórias em quadrinhos produzidas, conforme detalhados a seguir.

2.1. Seleção e avaliação dos artigos

Essa etapa constituiu-se de pesquisa teórica e exploratória com a técnica de revisão não sistemática da literatura para a identificação de artigos científicos, os quais foram tomados como ponto de partida para a elaboração das histórias em quadrinhos. Para isso, utilizamos diferentes bases de dados internacionais, tais como *Lilacs*, *Bireme*, *MedLine*, *Web of Science*, *Scielo* e *Google Acadêmico*, aplicando-se os seguintes critérios de seleção:

- 1) artigos científicos cujo conteúdo esteve relacionado às áreas de saúde e meio ambiente;
- 2) artigos escritos em inglês uma vez considerada a inserção de descobertas publicadas em outro idioma;
- 3) artigos publicados entre os anos de 2017 e 2020 em revistas com fator de impacto (FI) atribuído pela *Journal Citation Reports (JCR)* em 2019 maior que 1.

Aplicados os critérios especificados anteriormente, um total de 12 artigos foram selecionados, os quais foram lidos na íntegra para identificação de elementos chaves que pudessem ser favoráveis à elaboração do enredo, cenários e personagens das histórias em quadrinhos. Assim, buscou-se nesses artigos identificar (i) aspectos relacionados aos métodos utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, (ii) elementos gráficos (incluindo esquemas, figuras, tabelas e quadros) passíveis de adaptação à linguagem infanto-juvenil, bem como as (iii) informações necessárias que reuniram os principais achados do trabalho em uma forma única, concisa, pictórica e visual, dentre outros. O Quadro 1 apresenta informações gerais sobre cada um dos artigos selecionados no presente estudo e o Quadro 2 fornece os links para acesso a cada um deles.

Quadro 1. Informações gerais sobre os artigos tomados como base para a elaboração das histórias em quadrinhos.

Referências	Instituição de vínculo do autor correspondente	Periódico em que foi publicado	Qualis-CAPES	Fator de impacto	Área do conhecimento correlata	Principais conclusões
Han et al. (2017)	Faculdade de Medicina de Yale	Cell	A1	38,637	Ciências médicas	A estimulação da amígdala central provoca uma rede neural que integra comportamentos de caça predatória em vertebrados com mandíbulas incluindo locomoção durante a perseguição e ataques de mordida.
Amaral et al. (2018)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí	Environmental Science and Pollution Research	A1	3,056	Ciências ambientais	A exposição de girinos de <i>Lithobates casteibeianus</i> a um mix de fármacos induziu anormalidades morfológicas, comportamentais e mutagênicas na espécie.
Cristiano et al. (2018)	Universidade Federal de Viçosa	Insectes Sociaux	B1	1,418	Ciências ambientais	A demografia e arquitetura do ninho de formigas (<i>Trachymyrmex holmgreni</i>) reafirmou a posição intermediária do gênero e confirmou que a evolução de ninhos pequenos para grandes passou por tamanhos intermediários.
Campos et al. (2019)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí	Science of the Total Environment	A1	6,551	Ciências ambientais	A exposição de tilápias (<i>Oreochromis niloticus</i>) à concentrações ambientalmente relevantes de nanopartículas de dióxido de zinco causa déficits no comportamento defensivo antipredatório (em condições individuais e coletivas) e mudanças no comportamento alimentar.

Quadro 1. Continuação

Mesak et al. (2019)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Urutaí	Environmental Science and Pollution Research	A1	3,056	Ciências ambientais	O potencial mutagênico de ciclofosfamida é confirmado pela exposição de neonatos de tartarugas (<i>Podocnemis expansa</i>) mesmo em baixas concentrações, bem como a capacidade de recuperação das tartarugas após a exposição a curto prazo ao poluente.
Adhikari et al. (2020)	West China School of Public Health and West China Fourth Hospital, Sichuan University, Chengdu, China	Infectious Diseases of Poverty	A2	3,123	Ciências médicas	Em resposta ao surto de COVID-19 houve um rápido aumento das pesquisas na área que exploraram principalmente a epidemiologia, as causas, a manifestação clínica e o diagnóstico, também como prevenção e controle do novo coronavírus.
Argaez et al. (2020)	Universidade Nacional Autônoma de México	Zoology	A1	1,779	Ciências ambientais	Há uma associação positiva entre a carga de ectoparasitas e a probabilidade de sobrevivência de lagartos (<i>S. torquatus</i>) e não há evidências em lagartos (<i>S. grammicus</i>) e (<i>S. megalepidurus</i>). Não há efeito negativo dos ectoparasitas considerando a sobrevivência de determinado sexo, condição corporal ou estação do ano.
Bastos et al. (2020)	Universidade Federal de Viçosa	Biomedicine & Pharmacotherapy	B1	4,545	Ciências médicas	A imunização com Lipophosphoglycan-3+Saponina conferiu proteção imunológica contra <i>L. infantum chagasi</i> em camundongos, melhorou as defesas antioxidantes, reduziu os níveis de marcadores de estresse oxidativo e preservou a integridade do tecido hepático mantendo-o contra os efeitos inflamatórios prejudiciais.

Quadro 1. Continuação

Carneiro et al. (2020)	Universidade Federal de Ouro Preto	International Journal of Cardiology	A1	3,471	Ciências médicas	A monoterapia com doxiciclina não é eficaz nas fases aguda ou crônica da cardiomiopatia experimental induzida pela cepa VL-10 de <i>T. cruzi</i> . Além disso, a terapia combinada com doxiciclina não potencializa os efeitos de monoterapia com Benznidazol.
Lewis et al. (2020)	Houghton College e Instituto Politécnico Rensselaer	Zoology	A1	1,779	Ciências ambientais	Os níveis de corticosterona indicam a relação entre estresse, e comportamento exploratório em salamandras (<i>Desmognathus ochrophaeus</i>) e pode afetar as respostas relacionadas a regeneração da cauda após autotomia.
Loram-Lourenço et al. (2020)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde	Frontiers in Plant Science	A1	4,407	Ciências ambientais	A estrutura e as variações funcionais da casca externa e interna das árvores do Cerrado estão respectivamente relacionadas aos processos de resiliência e resistência ao fogo, transporte, armazenamento de água, assimilação de carbono e crescimento, de acordo com a variabilidade no investimento relativo.
Silva et al. (2020)	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde	Ecotoxicology	A1	2,535	Ciências ambientais	A exposição de <i>Dipteryx alata</i> à doses crescentes do herbicida nicosulfuron levou a alterações fisiológicas, bioquímicas e respostas morfológicas evidenciando a sensibilidade da espécie ao herbicida.

Quadro 2. Artigos utilizados no presente estudo e links de acesso aos seus conteúdos.

Referências	Título	Link de acesso
Han et al. (2017)	Integrated Control of Predatory Hunting by the Central Nucleus of the Amygdala	https://doi.org/10.1016/j.cell.2016.12.027
Amaral et al. (2018)	Sub-lethal effects induced by a mixture of different pharmaceutical drugs in predicted environmentally relevant concentrations on <i>Lithobates catesbeianus</i> (Shaw, 1802) (Anura, ranidae) tadpoles	https://doi.org/10.1007/s11356-018-3656-9
Cristiano et al. (2018)	Nesting and distribution of <i>Trachymyrmex holmgreni</i> in Brazilian restinga	https://doi.org/10.1007/s00040-018-0666-z
Campos et al. (2019)	Analysis of ZnO nanoparticle-induced changes in <i>Oreochromis niloticus</i> behavior as toxicity endpoint	https://doi.org/10.1016/j.scitoten.v.2019.05.183
Mesak et al. (2019)	Do Amazon turtles exposed to environmental concentrations of the antineoplastic drug cyclophosphamide present mutagenic damages? If so, would such damages be reversible?	https://doi.org/10.1007/s11356-019-04155-9
Adhikari et al. (2020)	Epidemiology, causes, clinical manifestation and diagnosis, prevention and control of coronavirus disease (COVID-19) during the early outbreak period: a scoping review	https://idpjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40249-020-00646-x
Argaez et al. (2020)	Do ectoparasites affect survival of three species of lizards of the genus <i>Sceloporus</i> ?	https://doi.org/10.1016/j.zool.2019.12.5723
Bastos et al. (2020)	Lipophosphoglycan-3 recombinant protein vaccine controls hepatic parasitism and prevents tissue damage in mice infected by <i>Leishmania infantum chagasi</i>	https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110097
Carneiro et al. (2020)	Combination therapy with benznidazole and doxycycline shows no additive effect to monotherapy with benznidazole in mice infected with the VL-10 strain of the <i>Trypanosoma cruzi</i>	https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2019.07.047
Lewis et al. (2020)	Salamander stress and duress: the relationship between CORT, autotomy and regeneration, and exploratory behaviour	https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.12.5751
Loram-Lourenço et al. (2020)	A Structure Shaped by fire, but also water: ecological consequences of the variability in bark properties across 31 species from the Brazilian cerrado	https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01718
Silva et al. (2020)	<i>Dipteryx alata</i> , a tree native to the Brazilian Cerrado, is sensitive to the herbicide nicosulfuron	https://doi.org/10.1007/s10646-019-02154-7

2.2. Elaboração das histórias em quadrinhos

Após a leitura dos artigos, identificação de aspectos que favorecem a popularização da ciência, partiu-se para a etapa de decisão sobre quais seriam os estilos e os elementos-chaves das histórias em quadrinhos a serem elaboradas, tomando-se por base os pressupostos teóricos de Eisner (1989). Nesse caso, demos ênfase aos conceitos de (i) “quadrinho contêiner” (estilo comumente encontrado em tiras, jornais e revistas, cuja função é transmitir uma mensagem reflexiva de um determinado tema); (ii) “requadro e metaquadrinhos” (que englobam informações sobre o quadro ou a moldura em uma história em quadrinhos, os quais podem ser

utilizados como parte da linguagem “não verbal” da arte sequencial e (iii) “roteiro” (o qual aborda a descrição e delineamento de todas as falas dos personagens que hão de compor a história e todos os detalhes da trama).

As histórias em quadrinhos foram elaboradas partindo da criação própria, elementos básicos de quadrinhos foram adotados e inseridos a eles uma identidade criativa única. A partir de um processo minucioso de estudos dos artigos foram idealizados com criatividade autoral todos os personagens, cenários e enredos. Os personagens das histórias transmitem em si elementos que os configuram como únicos, além disso a sucessão de ações, falas e pensamentos são fiéis e exclusivos aos conteúdos dos artigos. Ainda nesse sentido, cabe ressaltar que a arte das histórias foi construída a partir de um processo de criação simples de desenho pela primeira autora do trabalho, colocamos aqui a expressão “autora/pesquisadora desenhista”, além disso ressaltamos que os desenhos foram desenvolvidos e finalizados sem utilização de quaisquer programas de edição, esse processo consistiu na elaboração e aprimoramento contínuo dos desenhos, adequação das expressões dos personagens e enquadramento das cenas.

Diante do processo de construção das histórias em quadrinhos, resumimos as etapas no esquema abaixo, as quais envolveram desde a escolha do estilo das histórias em quadrinhos a ser adotado até a escolha do tipo e formato da arte final das histórias.

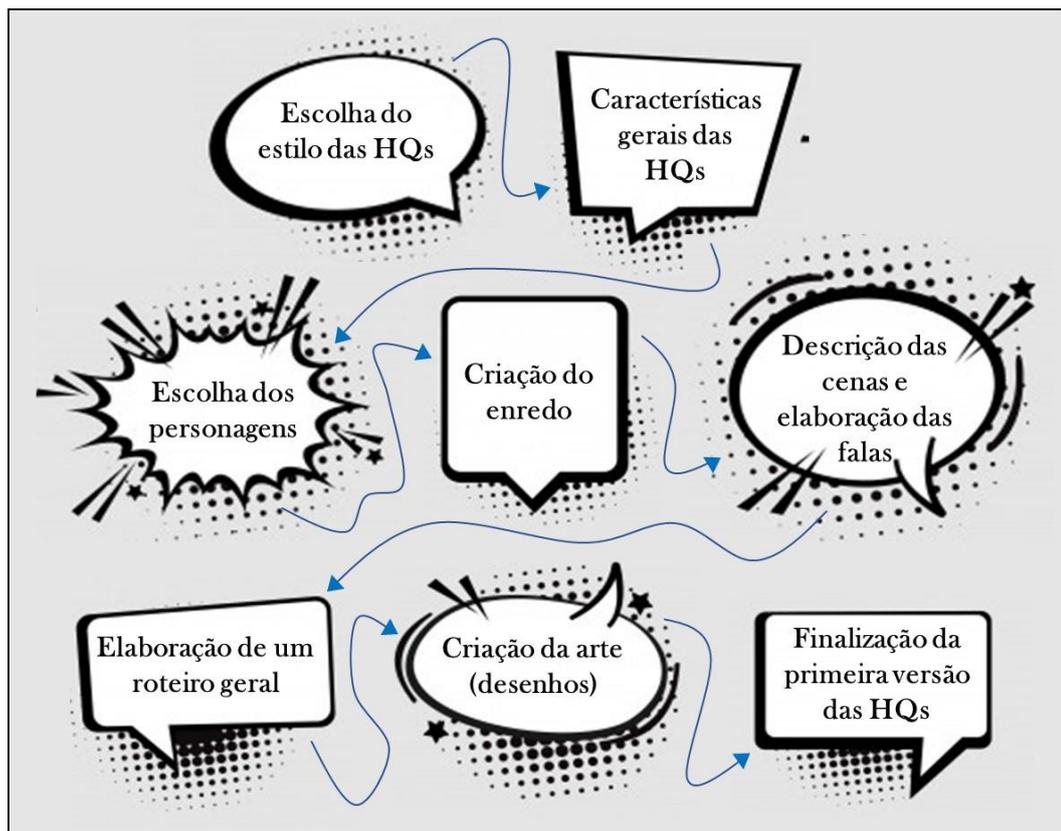


Figura 1. Desenho esquemático das etapas que precederam a finalização das histórias em quadrinhos elaborados no presente estudo.

2.3. Participação dos pesquisadores na elaboração das histórias em quadrinhos

Após a finalização da primeira versão das histórias em quadrinhos, todos os autores (n=87) dos artigos selecionados foram convidados a contribuir com a construção das histórias. Para isso, foi elaborado um formulário avaliativo através da ferramenta de formulários disponível no Google Drive (<https://forms.gle/4L7L5PSfZMQyZskx8>), semelhantemente ao processo de coleta de dados adotado por Santos (2016). Tal procedimento foi adotado para a coleta de dados na medida em que permitiria de uma forma rápida e econômica chegar a um elevado número de potenciais participantes conforme aponta Regni et al. (2017). Neste formulário os autores tiveram acesso à versão preliminar das histórias e foram convidados a responder questões que os permitiram avaliar de forma sistêmica as histórias em quadrinhos. Avaliamos se os pesquisadores consideravam coerentes com seus artigos o enredo e os personagens das histórias, se as histórias eram muito complexas ou se apresentavam linguagem adequada para comunicar, divulgar e popularizar seus estudos, se eles utilizariam a história como ferramenta/recurso complementar no ensino, bem como suas opiniões em relação ao layout gráfico das histórias. Além disso, foi oportunizado aos autores a emissão de quaisquer sugestões de alterações nas histórias em quadrinhos.

2.4. Análise dos dados

Os resultados obtidos neste estudo constituem, *per sí*, a finalização das histórias em quadrinhos, bem como as respostas dos autores às questões do formulário avaliativo. Todas as respostas foram registradas e utilizadas na adequação das histórias para a conclusão de suas versões finais. Os resultados quantitativos das respostas dos autores foram submetidos à análise estatística, utilizando o software GraphPad Prism (versão 7.0), o qual também foi utilizado para a elaboração dos gráficos apresentados neste trabalho.

3. RESULTADOS

3.1. Histórias em quadrinhos elaboradas

Apresentamos como resultados da nossa pesquisa todas as histórias em quadrinhos elaboradas ao longo de um processo cuidadoso de análise e reanálise, tanto pelos pesquisadores deste estudo, quanto pelos autores dos artigos selecionados que participaram voluntariamente do trabalho. Para cada artigo, foi elaborada uma história em quadrinhos que, holisticamente, foi pensada e planejada para atender aos objetivos da popularização dos estudos, como também para serem potencialmente utilizadas na educação básica.

3.1.1 História em quadrinhos n. 1.

A primeira história foi elaborada com base no estudo de Han et al. (2017), o qual contou com a participação de seis autores da Universidade de São Paulo, *Yale University School of Medicine* e *Tongji University* (Figura 2). Conforme informações contidas na Tabela 1, o trabalho foi publicado no volume 168 da revista *Cell Press* no ano de 2017. Tal revista foi enquadrada no estrato A1 do Programa Qualis-CAPES (2013-2016) e na última avaliação do JCR (2019) a revista obteve o escore 38.637 como fator de impacto. Além disso, a revista publica estudos científicos nas áreas de ciências biológicas, física, e saúde tanto de forma independente quanto em parceria com sociedades científicas.

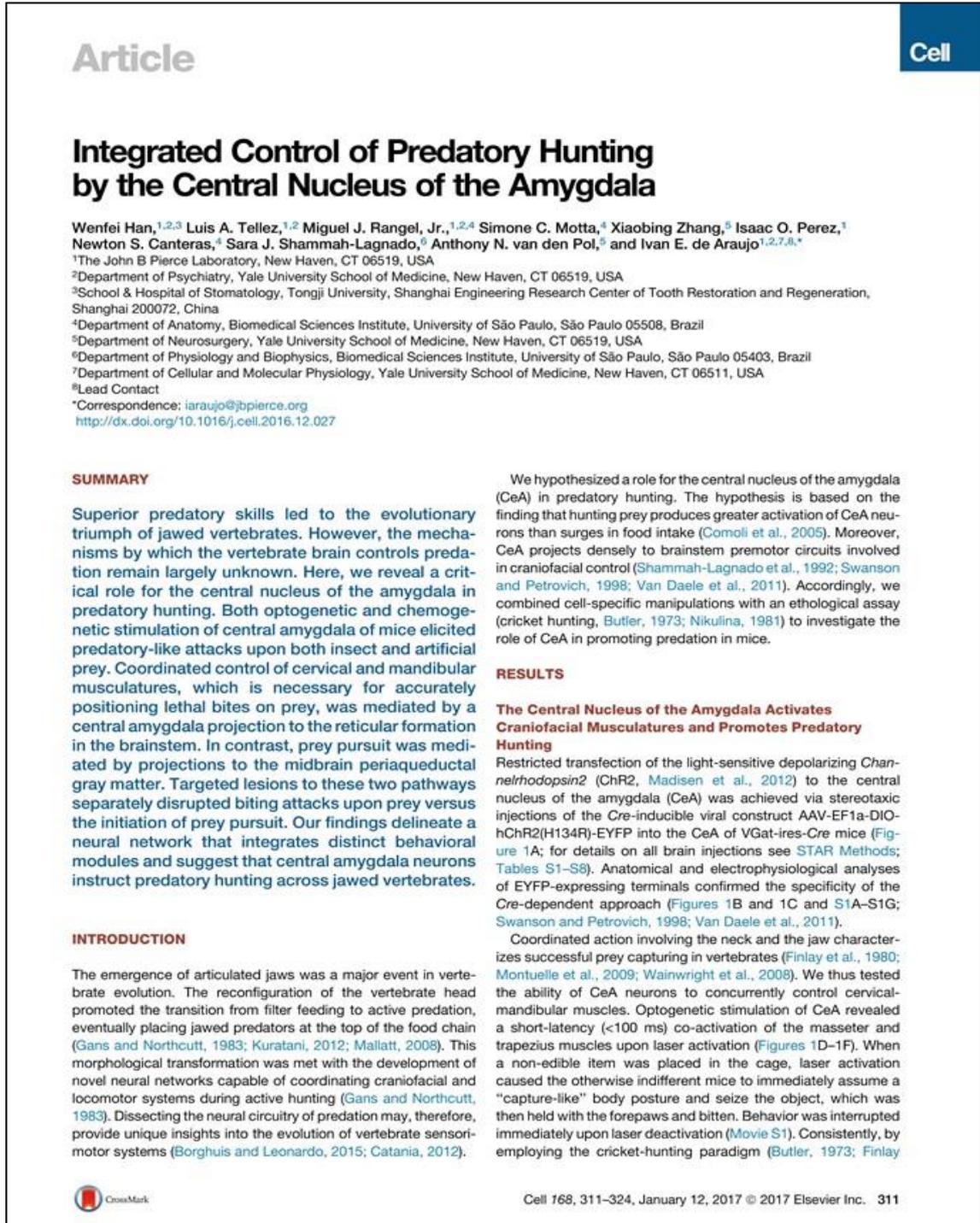


Figura 2. Imagem da primeira folha do estudo de Han et al. (2017), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 1, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

Neste estudo, os autores investigaram o papel do núcleo central da amígdala na caça predatória em camundongos. Considerando que a caça de presas produz maior ativação dos neurônios do núcleo central da amígdala e que envolve circuitos pré-motores do tronco cerebral para o controle craniofacial, o trabalho se concentrou em manipulações específicas de células

combinadas com um ensaio etológico e investigou o papel do núcleo central da amígdala. Os resultados descrevem a amígdala central como um sistema de comando modular para caça predatória capaz de mediar a captura de presas através de dois conjuntos de projeções independentes: um que comanda a locomoção durante a perseguição e outra que controla os ataques de mordida. Com base nisso, os autores concluíram que uma rede neural integra módulos de comportamentos distintos e sugerem que os neurônios da amígdala central comandam a caça predatória em vertebrados mandibulares.

A partir dessas informações, elencamos os seguintes componentes deste artigo para a elaboração da história em quadrinhos:

- 1) informações gerais sobre a área de estudo;
- 2) imagens e esquemas dos modelos animais testados (tais como evidenciadas no resumo gráfico, figuras tratadas no corpo do artigo e nos vídeos disponibilizados como material complementar);
- 3) descrição detalhada e didática da metodologia utilizada a partir do material complementar disponível no artigo;
- 4) informações detalhadas da biologia do modelo testado.

Em resumo, as informações descritas no artigo, a começar pelo ambiente em que a pesquisa foi desenvolvida, fundamentou os cenários da história, incluindo elementos comuns de um laboratório como a disposição de bancadas, materiais como caixas para manutenção de roedores e os objetos utilizados na pesquisa foram adaptados para favorecer o enredo. Para criação dos personagens principais e coadjuvantes foram idealizadas características comportamentais e de personalidade, as quais foram importantes para conduzir a história de acordo com o conteúdo do artigo em questão. Foram destacados dois personagens camundongos para contextualizar o tema, evidenciar a metodologia e os resultados do estudo ao longo da história, partindo da ideia que os animais se encontravam empolgados por serem os primeiros a participar dos experimentos. Conforme apresentado no Quadro 3, são descritos os personagens, o cenário e o resumo geral da história elaborada. A versão final da história, após ajustes e opinião dos autores do artigo pode ser consultada no produto educacional.

Quadro 3. Resumo geral da história em quadrinhos n. 1, intitulada “Famosos pela pesquisa”, a qual foi elaborada com base no estudo de Han et al. (2017).

Personagens
Protagonista: Camundongo 1 (C1) alvo dos experimentos. Co-protagonista: Camundongo 2 (C2) amigo do C1- que acompanha os experimentos. Coadjuvantes: Demais camundongos, neurocientistas e grilos.
Cenário
Laboratório de pesquisa contendo bancadas, armários, materiais de pesquisa (computadores, vidrarias, livros) e caixas de material transparente.
Resumo geral
<p>A história se inicia em um laboratório com diversos camundongos que serão utilizados como modelos experimentais em uma pesquisa envolvendo a optogenética (definida como técnicas utilizadas para manipulação do tecido neural tornando-o sensível à luz). Dois camundongos começam uma amizade e compartilham a esperança de se tornarem famosos. Logo, os dois são os primeiros selecionados a participar dos testes recebendo injeções virais e implantes de fibra óptica. Passados os dias, um dos camundongos participa de uma série de testes e é observado pelo seu amigo. O camundongo que assiste os experimentos percebe que seu amigo se comporta de maneira curiosa diante de presas vivas e artificiais, deixando-o intrigado principalmente por notar que uma luz acendia nos cabos que estavam ligados à cabeça de seu companheiro. O camundongo observador descobre pelas conversas que os comportamentos do seu amigo estavam relacionados ao controle da luz em uma região específica do cérebro chamada amígdala central. Em um determinado momento, os dois camundongos discutem sobre os experimentos, quando os pesquisadores conversavam simultaneamente sobre a realização da pesquisa destacando os resultados que obtiveram. Empolgados com o que ouviram, os camundongos já idealizam suas reputações por terem participado do estudo. Passado algum tempo a pesquisa é publicada em uma importante revista conforme é noticiado por um dos pesquisadores, confirmando assim a “fama” dos dois primeiros camundongos participantes do estudo.</p>

3.1.2. História em quadrinhos n. 2.

A segunda história foi elaborada a partir do artigo de Amaral et al. (2018), assinado por pesquisadores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano- Campus Urutaí (Figura 3), o qual foi publicado no volume 26 na revista *Environmental Science and Pollution Research* no ano de 2018. A referida revista possui estrato A1 (Qualis-CAPES) e fator de impacto de 3,056 (JCR - 2019), atende a comunidade internacional em todas as áreas da ciência ambiental e assuntos relacionados a compostos químicos em uma ampla perspectiva interdisciplinar.



Figura 3. Imagem da primeira folha do estudo de Amaral et al. (2018), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 2, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

O estudo de Amaral et al. (2018) teve como objetivo avaliar os possíveis efeitos negativos da exposição de girinos (*Lithobates catesbeianus* – conhecido como rã-touro) a uma mistura de medicamentos em diferentes concentrações ambientalmente relevantes. O estudo demonstra que os animais expostos ao mix de fármacos apresentaram alterações na pigmentação da bainha

mandibular, dentição e na atividade natatória, além de terem apresentado comportamento atípico no teste de agregação social e déficit de resposta defensiva antipredatória. Assim, os autores confirmam o potencial toxicológico do mix de fármacos em girinos de *L. catesbeianus*.

A partir dessas informações, elencamos os seguintes componentes deste artigo para a elaboração da história em quadrinhos:

- 1) informações sobre a biologia geral da espécie de girino estudada permitindo-nos incorporá-las aos personagens principais;
- 2) informações gerais do referencial teórico para contextualização do estudo;
- 3) elementos descritivos sobre o descarte resíduos medicamentosos em ecossistemas aquáticos;
- 4) descrição detalhada e didática do desenho experimental e da metodologia utilizada e;
- 5) esquemas gráficos descritos de forma detalhada para compreensão dos resultados da pesquisa.

A história elaborada com base nesse artigo apropriou-se de elementos básicos descritos na pesquisa para definição dos cenários, descrição/caracterização dos personagens e enredo. Com base nas informações sobre a contaminação dos ambientes aquáticos por resíduos de medicamentos e os possíveis efeitos em anfíbios, foi idealizado o cenário inicial livre de poluentes em que nasceu o personagem principal (idealizado com base nas características fisiológicas dos girinos de *L. catesbeianus*). Na história, o personagem principal desloca-se em uma aventura pelo curso d'água até uma região denominada de “beco do esgoto”, onde conhece um outro girino e juntos exploram os achados do artigo. Algumas passagens da história foram elaboradas com base nos apontamentos do estudo como, por exemplo, o descarte do esgoto de uma cidade sem o devido tratamento e a presença de embalagens de medicamentos no rio como indicativo de contaminação da água. Além disso, os resultados do artigo que se referem aos efeitos negativos da exposição de girinos a resíduos medicamentosos foram trabalhados de forma direta em que um dos personagens começa a perceber alterações “estranhas” no comportamento de seu amigo e os efeitos negativos em si mesmo após viver em um local poluído.

No Quadro 4 são apresentadas as descrições dos personagens, cenários e o resumo geral da história. A versão final da história (vide produto educacional) foi construída a partir das contribuições dos autores do artigo.

Quadro 4. Resumo geral da história em quadrinhos n. 2, intitulada “O girino aventureiro: percebendo comportamentos estranhos”, elaborada com base no estudo de Amaral et al. (2018).

Personagens
Protagonista: Girino 1 (G1) “Aventureiro”. Co-protagonista: Girino 2 (Amigo do G1). Coadjuvantes: Demais girinos, larvas de Odonata, pesquisadores.
Cenário
Cenário inicial de paisagem para contextualização da história e cenário do fundo do rio com disposição de relevo característico com plantas aquáticas.
Resumo geral
<p>A história se inicia em um ambiente em que o girino protagonista nasce e, devido sua inquietude de se aventurar, decide explorar outros locais, com a intenção de “aproveitar a vida”. Diante da expectativa de ser independente e aventureiro, o girino explora um ambiente desconhecido. Perdido em um ambiente aquático que recebe com frequência poluentes de fontes domésticas, hospitalares e industriais, o girino faz amizade com um girino que lhe apresenta os riscos de viver ali, devido à presença de variados medicamentos dispersos na água. Os girinos se tornam amigos e juntos vivenciam diversas situações em que os efeitos negativos da exposição à resíduos medicamentosos são visíveis nos girinos que vivem ali. Com o desenvolver da história o girino “aventureiro” percebe alterações “estranhas” no comportamento de seu amigo e, lamentavelmente, também passa senti-las em função do tempo em que ele foi exposto aos resíduos. Incomodado com o fato de notar que algo estranho estava lhes causando certos comportamentos, os girinos se deslocam até a superfície d’água, onde observam pesquisadores dialogando sobre os efeitos dos resíduos medicamentosos em girinos. Assim, os girinos concluem que tudo que puderam ver e sentir vivendo naquele rio altamente poluído se deu em função da exposição aos resíduos medicamentosos. Ao final, os pesquisadores fazem um apelo para que maior atenção seja dada para a despoluição de rios e riachos, bem como destacam que os danos que o descarte de efluentes sem tratamento pode ocasionar na biota aquática.</p>

3.1.3. História em quadrinhos n. 3.

A terceira história em quadrinhos foi elaborada com base no estudo de Cristiano et al. (2019). O artigo possui seis autores vinculados à Universidade Federal de Viçosa e/ou Universidade Federal de Ouro Preto, conforme indicado na Figura 4. O referido estudo foi publicado na revista *Insectes Sociaux* no volume 66, edição 1 em fevereiro de 2019. A revista se trata de um periódico da União Internacional para o Estudo de Insetos Sociais (IUISSI), possui estrato B1 no Qualis-CAPES e fator de impacto 1.418 na última avaliação do JCR (2019), abrange os vários aspectos da biologia e evolução dos insetos sociais e outros artrópodes pré-sociais

incluindo a ecologia, etologia, morfologia, genética populacional, reprodução, comunicação, sociobiologia, diferenciação de castas e parasitismo social.

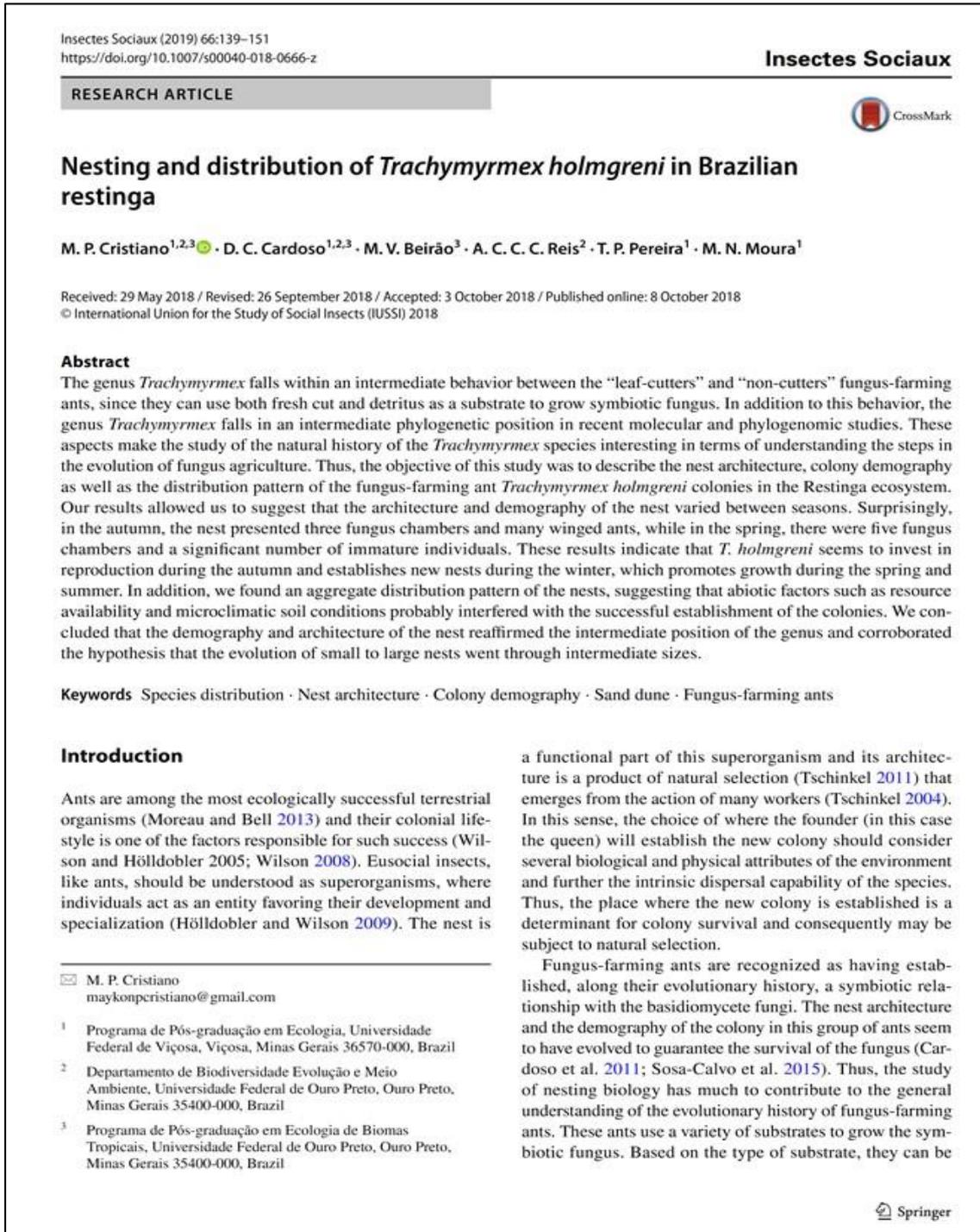


Figura 4. Imagem da primeira folha do estudo de Cristiano et al. (2018), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 3, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

O estudo de Cristiano et al. (2018) teve como objetivo descrever a arquitetura dos ninhos, a demografia e o padrão de distribuição de colônias de formiga agrícola da espécie

Trachymyrmex holmgreni, na Restinga. Os resultados da pesquisa mostraram que a arquitetura e a demografia do ninho dessa espécie variavam entre as estações. No outono, os ninhos avaliados apresentaram três câmaras de fungos, enquanto na primavera havia cinco câmaras de fungos. Além disso, foi encontrado um padrão agregado de distribuição dos ninhos sugerindo que fatores abióticos, como disponibilidade de recursos e condições microclimáticas do solo, interferem no estabelecimento das colônias. Os autores concluíram que a demografia e a arquitetura do ninho confirmam a posição intermediária do gênero *Trachymyrmex* o que corrobora com a hipótese de que a evolução de ninhos pequenos e grandes passou por tamanhos intermediários.

A partir da leitura e estudo do artigo supracitado foram identificados componentes importantes para a elaboração da história em quadrinhos (vide produto educacional a versão final da história). São eles:

- 1) informações gerais sobre a biologia da espécie estudada para criação dos personagens e caracterização do cenário;
- 2) detalhes sobre o comportamento e papel ecológico da espécie de formiga estudada;
- 3) imagens da arquitetura do ninho com detalhamento do aspecto externo (da entrada do ninho) e interno (com o formato das câmaras de fungos);
- 4) descrição detalhada e didática da área de estudo, arquitetura do ninho e padrão de distribuição e;
- 5) detalhamento dos gráficos de forma didática incorporada ao enredo para apresentação dos resultados da pesquisa.

Quadro 5. Resumo geral da história em quadrinhos n. 3, intitulada “Uma operária perdida entre 50 ninhos”, a qual foi elaborada com base no estudo de Cristiano et al. (2019).

Personagens
Protagonista: Formiga operária perdida (F2). Coadjuvantes: Demais operárias (O, F1), besouro, rainhas (R).
Cenário
Interior do ninho (com o formato e disposição das câmaras de fungos), ambiente externo aos ninhos (vegetação da restinga).
Resumo geral
Em um formigueiro da região da restinga em uma manhã de verão, estava acontecendo o treinamento das novas operárias para a colheita. D. rainha explicava sobre a necessidade de coletar o substrato para o cultivo dos jardins de fungos e sobre o cuidado e organização da fila. O treinamento foi intenso e reforçado, pois era a primeira vez que aquelas operárias saíam do ninho para colheita. No primeiro dia de trabalho todas as operárias seguiam as demais até que perceberam uma nuvem grande e que

poderia chover a qualquer momento, o que aconteceu logo depois. Diante de todo o desespero, uma das operárias se perdeu até que um besouro se propôs a ajudá-la a encontrar seu ninho. A formiga e o besouro saíram em busca do ninho e passadas as estações do ano buscavam incansavelmente por vários formigueiros. Depois de um tempo procurando, o besouro resolveu se arriscar e fazer um grande voo pela região. Não demorou e logo caíram do alto. Desacordados, eles foram encontrados por operárias do antigo ninho da operária perdida, a qual relatou o que observou da arquitetura durante as estações e sobre a organização das câmaras de fungos, e ainda sobre o padrão de distribuição dos ninhos. Ao final, a formiga operária solicitou à rainha que deixasse o besouro viver na colônia, a qual aceitou o pedido da formiga, impondo a condição de o besouro ter que carregar substratos como todas as demais formigas, tornando assim um besouro operário da colônia.

3.1.4. História em quadrinhos n. 4

A quarta história foi elaborada com base no estudo de Campos et al. (2019), desenvolvido por nove pesquisadores vinculados ao Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí (Figura 5). O referido artigo foi publicado no volume 689 da revista *Science of the Total Environment*, um importante periódico internacional em ciência ambiental classificado como A1 no Qualis-CAPES e detentor do fator de impacto de 6,551, obtido na última avaliação do JCR (2019). O referido estudo objetivou avaliar os impactos da exposição de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) a diferentes concentrações de nanopartículas de dióxido de zinco. Os resultados evidenciaram que a bioacumulação do poluente nos tecidos corporais das tilápias foi correlacionada com alterações no comportamento alimentar, bem como déficits no comportamento defensivo antipredatório.



Figura 5. Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Campos et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n.4, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

Diante das informações contidas no artigo, os seguintes componentes foram utilizados na configuração da história em quadrinhos:

- 1) imagens dos modelos animais testados;
- 2) informações gerais da espécie estudada para criação e caracterização dos personagens;

- 3) detalhes sobre o comportamento dos modelos animais estudados para configuração de determinadas passagens da história;
- 4) descrição e contextualização didática da metodologia utilizada aplicadas ao enredo da história e;
- 5) descrição didática dos resultados contidos nos gráficos e tabelas aplicados ao enredo.

Com base nas informações teóricas tratadas no artigo os personagens foram criados e caracterizados considerando a espécie estudada (*O. niloticus*). Os dados tratados pelos referenciais citados foram incorporados ao cenário como caracterização do ambiente poluído com a presença de embalagens dos produtos em que são encontradas as nanopartículas de óxido de zinco. A metodologia e resultados do estudo foram utilizados para embasar a sucessão de acontecimentos e as ações dos personagens em um contexto descritivo. Além disso, elementos complementares foram imersos nos desenhos com o objetivo de caracterizar os espaços, tempo e reforçar ações idealizadas. O Quadro 6 fornece informações sobre os personagens, cenários e o resumo geral da história, cuja versão final completa se encontra no produto educacional.

Quadro 6. Resumo geral da história em quadrinhos n. 4, intitulada “Tilápias em perigo”, a qual foi elaborada com base no estudo de Campos et al. (2019).

Personagens
Protagonista: P1 (peixe 1- peixe pesquisador). Co-protagonista: P2 (peixe 2- Assistente do P1). Coadjuvantes: Dourado (predador), peixes juvenis.
Cenário
Meio aquático com disposição de plantas, variações de relevo, disposição de lixos e evidências de contaminação.
Resumo geral
O início da história é marcado quando um peixe acompanhado de seu amigo encontra um jornal descartado recentemente no rio e o toma para leitura. O peixe lê uma notícia anunciada no jornal que dizia que uma região próxima dali tinha sido afetada por um material chamado de nanopartículas de óxido de zinco (NPs de ZnO) e que, até então, com efeitos desconhecidos sobre os peixes. Preocupado com a situação, o peixe chama seu amigo e seguem na correnteza do rio até a região afetada para avaliarem os eventuais efeitos sobre a saúde das jovens tilápias que lá habitavam. Distante de onde estavam, os amigos identificam o local que parecia ser a região que procuravam para estudar, tendo percebido a presença de embalagens de materiais que foram citados na notícia do jornal, cuja composição continha as NPs de ZnO. Neste local, os peixes decidem observar e avaliar o

comportamento locomotor de um grupo de jovens que foi avistado e identificaram que eles não estavam se alimentando, tampouco pareciam atraídos pela comida. Os peixes ainda notaram que jovens coletivamente e individualmente não reconheciam um potencial predador, levando-os a compreender que as NPs de ZnO afetavam o sistema olfativo daqueles juvenis de tilápia. A história finaliza quando os dois peixes que estudaram o caso refletem sobre a importância de os humanos realizarem novas pesquisas sobre os efeitos da exposição de peixes à esses nanomateriais, bem como a importância de tornar os resultados dos estudos conhecidos por muitas pessoas para que possam se conscientizar sobre os efeitos de poluentes.

3.1.5. História em quadrinhos n. 5.

A quinta história em quadrinhos foi elaborada com base no artigo de Mesak et al. (2019), publicado no volume 26 da revista *Environmental Science and Pollution Research* em janeiro de 2019, conforme informações contidas na Figura 6. A referida revista possui estrato A1 na área do artigo (ciências ambientais) pelo Qualis-CAPES) e fator de impacto de 3.056 (JCR, 2019). A autoria do estudo foi dividida por sete autores, vinculados ao Laboratório de Pesquisas Biológicas do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. Tal estudo avaliou a mutagenicidade em recém-nascidos de tartarugas da Amazônia (*Podocnemis expansa*) expostos a concentrações ambientais de ciclofosfamida. Delineada a metodologia do estudo, os resultados obtidos confirmam o potencial mutagênico de ciclofosfamida mesmo em baixas concentrações. Por outro lado, quando os animais foram levados para um ambiente livre de poluentes, os autores relataram que os danos mutagênicos desapareceram, mostrando que a cessação da poluição pode beneficiar os indivíduos.



Figura 6. Imagem da primeira folha do estudo de Mesak et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da quarta história em quadrinhos n. 5, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

Os elementos do artigo que foram utilizados na configuração da história em quadrinhos foram:

- 1) informações teóricas detalhadas para contextualização da área e estudo realizado;

- 2) detalhes sobre o comportamento da espécie estudada incorporados à configuração de personagens;
- 3) detalhamento didático dos materiais e métodos como embasamento da sucessão de ações da história e;
- 4) descrição dos resultados contidos nas imagens, tabelas e gráficos do artigo nas falas dos personagens e enredo.

A história em quadrinhos elaborada a partir de informações que incluíam a contextualização da área de estudo (para criar a estrutura da narrativa), os animais avaliados no estudo (tomados como personagens) e o cenário da história foi inspirado nos habitats naturais dos animais estudados. A sucessão de ações foi moldada pela metodologia do trabalho e os resultados e conclusões foram evidenciados no diálogo do protagonista, co-protagonista e coadjuvantes. A descrição geral dos elementos da história elaborada pode ser conferida no quadro 7, a seguir.

Quadro 7. Resumo geral da história em quadrinhos n. 5, intitulada “A tartaruga anciã e o peixe mensageiro: salvando os filhotes”, a qual foi elaborada com base no estudo de Mesak et al. (2019).

Personagens
Protagonista: Tartaruga anciã. Co-protagonista: Peixe mensageiro. Coadjuvantes: Peixe fiscal e tartarugas filhotes.
Cenário
Ambiente aquático com plantas, relevo e elementos característicos.
Resumo geral
A história se inicia quando um peixe mensageiro notifica uma sábia tartaruga que filhotes de sua mesma espécie estavam se deslocando até a temida região que continha concentrações de uma substância que poderia comprometer a saúde daqueles animais. A tartaruga anciã e o peixe dirigirem-se ao local com seu material de estudo. Pelo caminho, a sábia tartaruga conversa com o peixe sobre o que sabe a respeito do poluente e acabam se perdendo pelo caminho. Com o atraso, não chegam a tempo e as tartaruguinhas já haviam alcançado a água contaminada entre 2 a 4 dias. Como pouco se conhecia sobre os danos que a ciclofosfamida pode causar aos filhotes, a tartaruga anciã decide estudar o caso. D. tartaruga realiza diversas análises para a avaliar o potencial mutagênico da ciclofosfamida nos neonatos. Mesmo em um tempo relativamente curto da exposição das tartaruguinhas e as baixas concentrações, as pequenas tartarugas apresentam diferentes anormalidades. Assim, a D. tartaruga decide retirar aquelas pequenas tartaruguinhas dali. Com uma rede de pesca, eles arrastam os filhotes até uma região

não afetada pela ciclofosfamida. A sábia tartaruga e o peixe se esforçam e nadam contra a correnteza para deixarem os filhotes afetados em um centro de recuperação, os quais permanecem sobre seus cuidados e observação durante 10 dias. Com as descobertas, o peixe mensageiro sai com o objetivo de anunciá-las e mobilizar todos os animais para movimento de conscientização de humanos sobre o descarte de poluentes no rio. A versão final da história em quadrinhos pode ser observada no produto educacional.

3.1.6. História em quadrinhos n. 6.

O artigo de Adhikari et al. (2020), utilizado como base da sexta história em quadrinhos, trata-se de um estudo publicado no volume 9 da revista *Infectious Diseases of Poverty* (Figura 7). Tal revista possui ISSN: 2049-9957, foi enquadrada no estrato A2 do programa Qualis-CAPES na área que envolve o artigo (saúde coletiva) e na última avaliação do JCR (2019) a revista obteve o escore 3.123 como fator de impacto. *Infectious Diseases of Poverty* é um periódico de acesso aberto, revisado por pares, que publica áreas temáticas e métodos que abordam questões essenciais de saúde pública relacionadas às doenças infecciosas.

Onze autores da Universidade de Sichuan, Universidade do Estado da Califórnia, Universidade da Carolina do Norte, Universidade Erasmus e Universidade Stanford dividiram a autoria deste estudo, o qual forneceu evidências sobre a epidemiologia, causas, diagnóstico clínico, bem como sobre a prevenção e controle da COVID-19. O trabalho compreendeu um estudo de revisão envolvendo 65 artigos, cujas análises mostraram que houve um rápido aumento das pesquisas em resposta ao surto de COVID-19. Os artigos revisados no estudo foram publicados no mês de janeiro de 2020, e de acordo com a análise a maioria foi escrito em inglês e publicado por estudiosos chineses que exploraram, principalmente, a epidemiologia, causas, manifestações clínicas e diagnósticos, bem como a prevenção e controle do novo coronavírus.

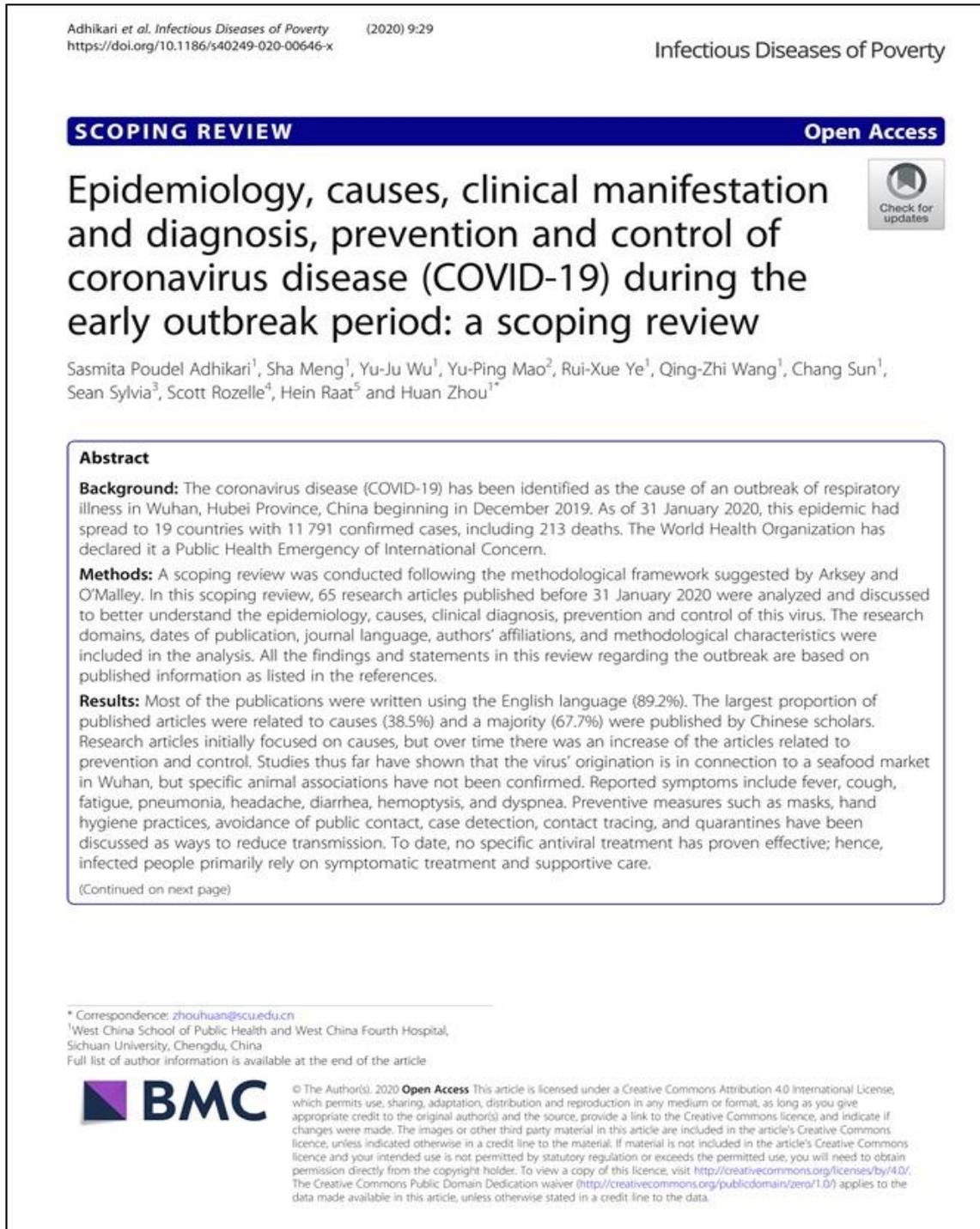


Figura 7. Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Adhikari et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 6, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

A construção da história em quadrinhos se deu a partir das informações contidas no artigo em questão, sendo os personagens idealizados partindo do princípio de que os principais elementos do estudo se referirem ao novo coronavírus. Os dados apresentados no estudo de Adhikari et al. (2020) são descritivos o que favoreceu a criação de uma narrativa. Assim, as falas

foram conduzidas pelos apontamentos do artigo, caracterizando a sucessão de acontecimentos na história. O Quadro 8 apresenta a descrição geral dos personagens, cenário e o resumo da história elaborada, cuja versão final encontra-se no produto educacional. Os elementos gráficos do trabalho foram adaptados aos desenhos da história de forma a contribuir com a compreensão dos resultados, dentre eles:

- 1) informações teóricas gerais para contextualização da área em que o estudo foi realizado;
- 2) contexto do estudo para configuração dos personagens, enredo e falas;
- 3) detalhamento didático do método como embasamento do enredo da história e;
- 4) apresentação nos desenhos e falas os resultados contidos nas tabelas e gráficos do artigo.

Quadro 8. Resumo geral da história em quadrinhos n. 6, intitulada “A ameaça ao coronavírus”, a qual foi elaborada com base no estudo de Adhikari et al. (2020).

Personagens
Protagonista: Coronavírus líder. Coadjuvantes: Demais coronavírus.
Cenário
O cenário é caracterizado como um ambiente de reuniões e sala computadorizada em que a história se passa praticamente em todo tempo, ao final da história se passa a impressão de que se trata de cenário ilusório (cenário inicial idealizado no interior de um organismo humano).
Resumo geral
Um grupo do novo coronavírus chefiado por um vírus líder recebe orientações de como infectar uma quantidade maior de pessoas e garantir a existência por longos períodos. Preocupado em traçar estratégias, o coronavírus líder monitorava os primeiros casos de novas pesquisas que envolvia seu grupo considerando-as a maior ameaça. Apavorado, o líder resolve tomar a providência de resumir e analisar todos os casos das publicações científicas que já haviam sido confirmadas, pois era preciso saber o que estas pesquisas haviam descoberto sobre eles, para que pudesse rever estratégias enquanto líder. O coronavírus líder em pouco tempo identificou um estudo que revisou bancos de dados online de periódicos biomédicos ingleses e chineses e descreveu novos casos de pesquisas envolvendo-os como assunto principal. Ele fez questão de estudar e analisar em detalhes os casos das primeiras pesquisas que se referiam a eles. Todos os domínios identificados causavam-lhe pavor, mas aquelas pesquisas que envolviam a prevenção e controle constituíam os casos mais preocupantes, causando-lhe sintomas que variavam entre febre, tosse seca, fadiga e dificuldade de respirar, pois tinha uma conscientização em massa que pudesse fazer com que sua equipe não se espalhasse por todos os lugares como era o planejado. Ao final, o coronavírus líder percebe que a verdadeira ameaça se trata do sistema de defesa do organismo humano.

3.1.7. História em quadrinhos n. 7

O estudo de Argaez et al. (2020) (Figura 8) contou com a participação de três autores, todos da Universidade Nacional Autônoma do México e foi publicado no volume 138 da revista *Zoology*, um periódico dedicado à ciência animal experimental e comparativa o qual possui estrato Qualis-CAPES A1 e 1.779 como fator de impacto na última avaliação do JCR (2019).

O referido estudo teve como objetivo avaliar o efeito potencial da carga de ectoparasitos sobre a probabilidade de sobrevivência de três espécies de lagartos do gênero *Sceloporus* (*S. grammicus*, *S. megalepidurus* e *S. torquatus*). Contrariamente às expectativas, os resultados não corroboram a hipótese de que altas cargas de ectoparasita reduzem a probabilidade de sobrevivência desses lagartos. Em *S. grammicus* e *S. megalepidurus*, não foram encontradas evidências de um efeito da carga de ectoparasitos na sobrevivência dos hospedeiros. Em *S. torquatus*, os ectoparasitos influenciaram a probabilidade de sobrevivência, mas o efeito foi oposto ao previsto: a sobrevivência aumentou substancialmente na medida em que a carga de ectoparasitos aumentava. Essa variação interespecífica revela as respostas diferentes das espécies ao ectoparasitismo, considerando ainda que não há efeito negativo sobre a sobrevivência de determinado sexo, condição corporal ou estação do ano.

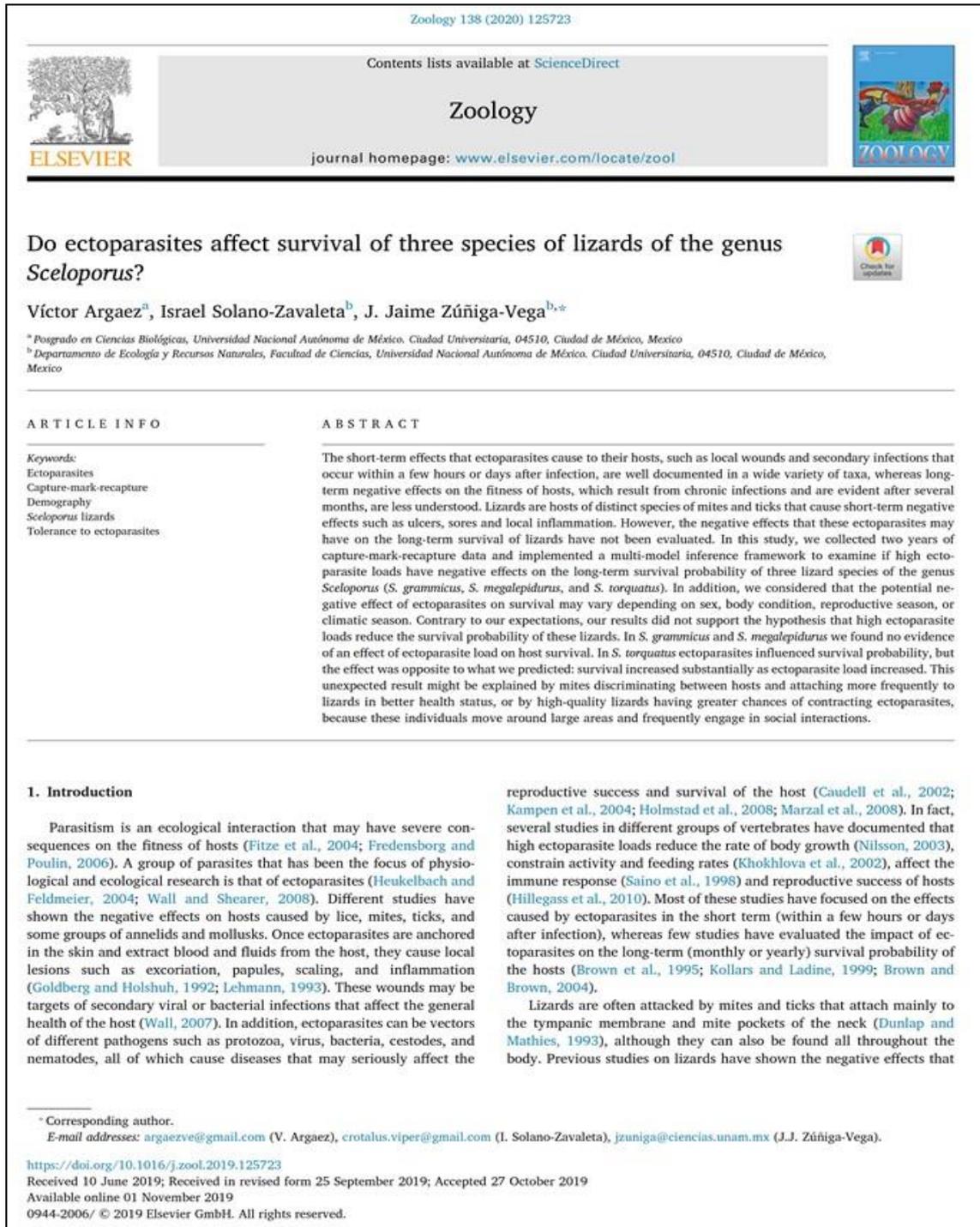


Figura 8. Imagem parte superior da primeira folha do estudo de Argaez et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 7, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

A partir das informações tratadas no estudo de Argaez et al. (2020), destacamos alguns componentes deste artigo para a elaboração da história em quadrinhos:

- 1) informações teóricas detalhadas para contextualização do enredo;
- 2) descrição das espécies analisadas para caracterização e diferenciação dos personagens;

- 3) descrição dos materiais e métodos na sequência de acontecimentos que constituem a ação dos personagens;
- 4) área de estudo como elemento chave para configuração do cenário da história e;
- 5) apresentação didática dos resultados em diálogos no contexto da história;

Em suma, a história foi idealizada a partir das informações tratadas no artigo conforme mostrado no Quadro 12. O cenário da história foi baseado na área estudada, considerando os aspectos da região de ocorrência de cada espécie descrita no artigo, como também um ambiente de laboratório. Além disso, as características biológicas das diferentes espécies de lagartos foram ressaltadas como forma de distinguir os personagens. Nos desenhos da história foram considerados aspectos que buscaram contribuir com a representação de informações do artigo. Similarmente às demais histórias, a versão final considerou as sugestões dos autores do artigo e é apresentada no produto educacional.

Quadro 9. Resumo geral da história em quadrinhos n. 7, intitulada “Uma pesquisa espionada”, a qual foi elaborada com base no estudo de Argaez et al. (2020).

Personagens
Protagonistas: Lagarto espião 1 (L1). Co-protagonistas: Lagarto espião 2 (L2) e Lagarto 3 (L3).
Cenário
Ambiente natural local das espécies estudadas e laboratório de pesquisa contendo móveis e equipamentos para processamento de dados.
Resumo geral
A história inicia-se quando dois pesquisadores chegam no campo dotados de materiais de estudo para o início dos trabalhos. Assim que chegaram, um lagarto bastante curioso da espécie <i>S. torquatus</i> logo notou a movimentação diferente no local e ficou às escondidas na vegetação, procurando entender o que aqueles homens faziam ali. O lagarto estava atento a todos os movimentos; mas, não compreendia que se tratava de pesquisadores. O lagarto percebe que eles capturaram um dos lagartos de sua espécie, deixando-o assustado. Entretanto, ele reparou que após capturarem, um dos homens faziam anotações a respeito do animal. O lagarto resolve seguir os pesquisadores e no novo local encontra um outro lagarto da espécie encontrada naquela região. Logo, o seu mais novo amigo também fica intrigado e passa a ficar observando o trabalho dos pesquisadores. Depois de alguns dias espionando e não chegando a uma conclusão exata do que se tratava, aqueles dois amigos resolvem continuar seguindo os pesquisadores, os quais se deslocaram para outra região. Os dois lagartos espiões foram, então, surpreendidos por um outro da espécie encontrada na região e os três lagartos seguiram os

pesquisadores até o laboratório de pesquisas. Lá, pela janela, os lagartos ouviam a conversa e começaram a compreender, de fato, as conclusões da pesquisa. Ao final, os três espiões comemoram que conseguiram finalmente desvendar e entender quem eram e o que faziam aqueles pesquisadores, além de descobrirem os surpreendentes resultados da pesquisa.

3.1.8. História em quadrinhos n. 8.

A oitava história, foi elaborada baseada no artigo de Bastos et al. (2020), desenvolvido por autores das seguintes instituições: Universidade Federal de Viçosa, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal de Alfenas e Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. O trabalho completo foi publicado na revista *Biomedicine & Pharmacotherapy* em seu volume 126 (Figura 8), a qual possui Qualis-CAPES B1 nas áreas que envolvem o artigo (medicina, saúde coletiva, biotecnologia) e fator de impacto (2019) 4.545.

O objetivo geral dos autores foi avaliar os efeitos da infecção por *Leishmania infantum chagasi* em camundongos vacinados, considerando parâmetros de dano tecidual e de resposta inflamatória provocada pela vacinação. Os experimentos foram conduzidos seguindo um protocolo de vacinação utilizando a proteína LPG3 recombinante e saponina (rLPG3 + SAP), combinadas ou não. Os resultados mostraram que a imunização combinada da proteína LPG3 recombinante e saponina diminuiu a carga parasitária, conferindo proteção imunológica no fígado dos animais infectados. Além disso, a imunização melhorou as defesas antioxidantes, reduzindo os níveis de marcadores de estresse oxidativo. O estudo concluiu que a vacina com rLPG3 confere proteção hepática contra *L. infantum chagasi* em camundongos, mantendo o tecido hepático protegido contra os efeitos inflamatórios nocivos causados pela vacina seguida pela infecção.



Figura 9. Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Bastos et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 8, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

Os seguintes componentes do artigo Bastos et al. (2020) foram elencados para elaboração da história em quadrinhos:

- 1) informações contidas no referencial teórico a respeito da área de estudo para contextualização da história;

- 2) modelos animais testados para caracterização dos personagens e enredo;
- 3) descrição detalhada e didática da metodologia utilizada na sequência de acontecimentos que constituem a ação dos personagens e;
- 4) detalhamento dos resultados da pesquisa e dados tratados nos gráficos.

A história foi idealizada considerando as informações gerais tratadas no artigo Bastos et al. (2020). Primeiramente, foi realizada a leitura do artigo em um processo cuidadoso com o objetivo de identificar as possibilidades de cenário, personagens e enredo. Ao longo do artigo, foram captadas informações que contribuíram para a configuração da história, a começar pela introdução em que foi abordada a área de estudo. O tópico “material e métodos” embasou a definição dos personagens e parte do enredo, uma vez que, a sequência de acontecimentos conduzia também parte dos resultados. Os resultados apresentados em gráficos foram incorporados no contexto da história, na fala dos personagens e desenhos. O quadro 10 apresenta a descrição dos personagens, o cenário e o resumo geral da história elaborada. A versão final da história em quadrinhos pode ser observada no produto educacional desenvolvido.

Quadro 10. Resumo geral da história em quadrinhos n. 8, intitulada “História de avó: uma experiência imaginada”, a qual foi elaborada com base no estudo de Bastos et al. (2020).

Personagens
Protagonista: Avó, quando jovem. Co-protagonista: Camundongo neto. Coadjuvantes: Demais camundongos e pesquisadores.
Cenário
Laboratório de pesquisa contendo bancadas, caixas de experimentos e utensílios de pesquisa.
Resumo geral
Em um certo dia, estava a avó e seu neto camundongo em uma caixa no laboratório. O neto empolgado queria saber sobre a primeira experiência da avó na pesquisa e na medida em que ela ia contando sua experiência, o neto se mostrava bastante envolvido com a história, chegando até imaginar todos os detalhes da experiência vivida pela avó. Na experiência, uma jovem recebe a confirmação de um dos pesquisadores sobre sua primeira participação em um importante estudo sobre a leishmaniose. Visto que não era a única que participaria da pesquisa, a jovem logo tratou de fazer amizade com as demais participantes do estudo, as quais conversavam e demonstravam satisfação em participar de um importante estudo. Nos grupos imunizados com saponina e outro com proteína LPG3 recombinante+saponina as jovens conversavam sobre o tratamento que receberam, se mostrando otimistas em relação aos resultados. O neto camundongo, ainda imaginando a história, é despertado

pela avó e empolgado revela que também gostaria de participar de pesquisas como aquela relatada. Por fim, o jovem camundongo é surpreendido por um pesquisador dizendo-lhe que acabara de ser escolhido para participar de um importante estudo.

3.1.9. História em quadrinhos n. 9.

O estudo Carneiro et al. (2020) foi publicado no volume 299 da revista *International Journal of Cardiology*, Qualis-CAPES A1 as áreas relacionadas ao estudo (Medicina, Saúde coletiva) e fator de impacto 3.471. A história em quadrinhos de n. 9 foi desenvolvida a partir do artigo supracitado, assinado por 12 autores de diferentes instituições (Universidade Federal de Ouro, Universidade Federal de Viçosa e Universidade Federal do Rio de Janeiro - Figura 10).



Figura 10. Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Carneiro et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 9, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

O objetivo dos autores foi investigar o uso de doxiciclina em dose sub-antimicrobiana, em monoterapia e em combinação com benznidazol (Bz) durante a fase aguda da infecção com a cepa VL-10 de *T. cruzi*, assim como avaliar o efeito terapêutico durante as fases aguda e crônica da infecção. Os resultados do estudo mostraram que tratamento com doxiciclina não melhorou

os parâmetros parasitológicos/inflamatórios; mas, reduziu a neoformação cardíaca. Por outro lado, a administração de benznidazol reduziu a parasitemia e a infiltração cardíaca durante infecção aguda. Os autores concluíram que a monoterapia com doxiclina não é eficaz nas fases aguda ou crônica da cardiomiopatia experimental induzida pela cepa VL-10 de *T. cruzi* e que a terapia combinada com doxiclina não potencializa os efeitos de monoterapia com benznidazol.

Como subsídios para elaboração da história foram ponderados os elementos textuais relacionados a pesquisa e os elementos gráficos do artigo de Carneiro et al. (2020). Os personagens da história “O sonho de um camundongo pesquisador” foram extraídos do próprio artigo, considerando os pesquisadores que conduziram a pesquisa e os animais testados. O ambiente de laboratório foi tomado como cenário e o papel de pesquisador foi atribuído a um personagem camundongo, o qual, inicialmente, tinha a intenção de apresentar a metodologia e os resultados do estudo sob a perspectiva de um camundongo que participou da pesquisa como modelo experimental. O enredo da história foi criado a partir das informações tratadas no artigo, especialmente na descrição dos procedimentos metodológicos utilizados, resultados e conclusões do estudo. No Quadro 11 são apresentadas informações sobre o cenário, personagens e enredo da história em um resumo geral da história em quadrinhos elaborada em que a versão final pode ser conferida no produto educacional.

Os seguintes componentes do artigo Carneiro et al. (2020) foram considerados na elaboração da história em quadrinhos, dentre eles:

- 1) informações teóricas tratadas nos referenciais para contextualização do problema de pesquisa;
- 2) descrição do ambiente real de realização da pesquisa como cenário da história;
- 3) dados dos gráficos e imagens descritos de forma contextualizada na fala dos personagens;
- 4) descrição dos métodos no enredo e caracterização dos personagens pelos modelos animais usados e;
- 5) resultados do estudo trabalhados no enredo e desfecho da história.

Quadro 11. Resumo geral da história em quadrinhos n. 9, intitulada “O sonho de um camundongo pesquisador”, a qual foi elaborada com base no estudo de Carneiro et al. (2020).

Personagens
Protagonista: Camundongo pesquisador. Coadjuvantes: Pesquisadores e demais camundongos.
Cenário
Laboratório de pesquisa com bancadas de estudo, caixas de experimentos e materiais de pesquisa.
Resumo geral
<p>Um camundongo é recepcionado no laboratório de pesquisa após ser promovido a pesquisador do laboratório. O camundongo é designado a participar de uma importante pesquisa, cujo o objetivo foi identificar se as terapias com doxiciclina (Dox) e benznidazol (Bz) poderiam modificar positivamente os parâmetros imunológicos e cardíacos em camundongos infectados por <i>T. cruzi</i>. A pesquisadora mentora da pesquisa conversou com o camundongo pesquisador e o orientou que participaria de diversas etapas do estudo, ressaltando também a importância do seu comprometimento com os participantes voluntários que estariam envolvidos na pesquisa. Em uma conversa com os participantes voluntários, o camundongo pesquisador esclarece que os procedimentos que serão adotados seguirão os princípios éticos da experimentação. O camundongo pesquisador segue todo empenhado no desenvolvimento do trabalho acompanhando o tratamento dos jovens camundongos voluntários com doxiciclina e benznidazol. O camundongo pesquisador mostra todo empenho juntamente com os demais do grupo de pesquisa, inclusive os resultados obtidos. Após a apresentação dos resultados o camundongo pesquisador conversa com os demais integrantes do grupo apontando as principais conclusões que obtiveram com a pesquisa. Ao final o camundongo se sente orgulhoso em ter participado de uma pesquisa de tamanha importância e é homenageado por toda a equipe do laboratório pelo êxito em sua primeira pesquisa recebendo uma medalha. O desfecho da história se concentra no despertar de um camundongo na caixa de experimento, acompanhado por outro animal percebe que havia sonhado em ser camundongo pesquisador quando na verdade participou como modelo experimental na pesquisa desenvolvida.</p>

3.1.10. História em quadrinhos n. 10.

A história de n. 10, a qual faz parte dos nossos resultados, foi desenvolvida a partir do artigo de Lewis & Sullivan (2020), conduzido por dois autores filiados aos departamentos de Biologia do Houghton College (EUA) e Instituto Politécnico Rensselaer (EUA) (Figura 10). O artigo foi publicado no volume n. 139 da revista *Zoology*, a qual apresenta Qualis-CAPES A1 (biodiversidade, ciências ambientais) e fator de impacto (2019) de 1.779. Neste estudo, os autores avaliaram a relação entre o hormônio corticosterona experimentalmente elevado, a autotomia e regeneração da cauda, além do comportamento exploratório em salamandras escuras

(*Desmognathus ochrophaeus*). Os resultados indicam que indivíduos que receberam adesivos com corticosterona apresentaram menor regeneração da cauda. Além disso, indivíduos com autotomia da cauda exibiram um comportamento exploratório significativamente menor indicado pela latência aumentada em atravessar barreiras. Portanto, os autores concluíram que os níveis de corticosterona indicam a relação entre estresse e o comportamento exploratório em salamandras autotomizadas.

Alguns elementos do referido artigo foram tomados como base para a elaboração da história em quadrinhos, dos quais destacamos:

- 1) informações gerais sobre a espécie estudada para caracterização dos personagens e o cenário da história;
- 2) elementos textuais sobre o tema de pesquisa descritos em detalhes no enredo;
- 3) informações sobre a metodologia da pesquisa descritas na sequência do enredo;
- 4) descrição da espécie estudada nos desenhos personagens e;
- 5) descrição dos resultados tratados nas tabelas e gráficos no enredo e desfecho da história.

Na história em quadrinhos, a determinação do ambiente em que se passa a história, os personagens e a sequência de ações foram definidas a partir de um conjunto de informações exploradas no artigo. Os personagens representaram os animais estudados na pesquisa e as personalidades atribuídas a eles se relacionavam às sequências de acontecimentos. O ambiente natural das salamandras consistiu no cenário da história, inspirados nas informações do artigo. Os componentes e o resumo geral da história elaborada são descritos de forma detalhada no Quadro 18 e a versão final da história é apresentada no produto educacional.

Zoology 139 (2020) 125751



Contents lists available at ScienceDirect

Zoology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/zool



Salamander stress and duress: the relationship between CORT, autotomy and regeneration, and exploratory behaviour

Jacquelyn L. Lewis^{a,b,*}, Aaron M. Sullivan^a

^a Department of Biology, Houghton College, Houghton, NY 14744, USA
^b Department of Biological Sciences, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 12180, USA

ARTICLE INFO

Keywords:
stressors
glucocorticoid
corticosterone
amphibian
Desmognathus

ABSTRACT

Responses to stress are generally mediated through the production of glucocorticoids by the hypothalamic-pituitary-adrenal (or -interrenal) axis. The prolonged production of stress hormones can contribute to delayed wound healing and growth, but little is known about their influence on regeneration following tail autotomy, or exploratory behaviour in autotomized individuals. Here we examined the relationship between stress, regeneration, and exploratory behaviour in Allegheny Mountain dusky salamanders (*Desmognathus ochrophaeus*) by manipulating corticosterone (CORT) levels via cutaneous patch. First, we measured tail regeneration in salamanders with elevated CORT for 13 weeks after the induction of tail autotomy. Test subjects received a weekly patch to wear for one hour that was saturated with either a low CORT (0.25 mg/ml) or high CORT (0.50 mg/ml) solution. Individuals receiving CORT patches regenerated significantly less of their tail length and volume (versus control), but without exhibiting dose-dependent effects. Second, we used a factorial design to evaluate the effects of autotomy and elevated CORT on exploration within a test arena consisting of low barriers arrayed in concentric rings. Individuals experiencing tail autotomy exhibited significantly less exploratory behaviour indicated by an increased latency to cross first barrier and a decreased number of barriers crossed. Neither elevated CORT (0.50 mg/ml), nor the interaction between elevated CORT and tail autotomy significantly affected salamander activity within the array. Although CORT did not have a direct effect on exploratory behaviour, a delay in regeneration attributed to CORT could lead to changes in patterns of movement in autotomized individuals.

1. Introduction

Obnoxious agents, or stressors, can elicit a variety of changes to animal physiology (Wack et al., 2012; Thomas and Woodley, 2015), morphology (Denver, 1997; Payette and Sullivan, 2019), and behaviour (Carr, 2002; Watson et al., 2004; Moyers et al., 2018). Stress-induced effects are mediated primarily through the production of glucocorticoids by the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in birds and mammals, and the hypothalamic-pituitary-interrenal axis in amphibians and reptiles (Sapolsky, 2002; Reeder and Kramer, 2005; Denver, 2009; Sopinka et al., 2015). In the short term, glucocorticoids serve to mitigate the effects of stressors and contribute to homeostasis through relatively rapid changes in the availability of metabolic fuels, cardiac output, patterns of blood perfusion, arousal, and escape behaviours (Sapolsky et al., 2000; McEwen and Wingfield, 2003; Wingfield and Sapolsky, 2003; Wingfield, 2005; Sheriff et al., 2011). Whereas the immediate effects of glucocorticoid production allow for an effective response to transient stressors, its prolonged elevation can be accompanied by substantial costs such as decreases in reproduction (Wingfield and Sapolsky, 2003; Carr, 2010; MacLeod et al., 2018), immune function (Webster-Marketon and Glaser, 2008; Costantini et al., 2011), wound healing (Padgett et al., 1998; Romana-Souza et al., 2014), and growth (Boonstra et al., 1998).

Although elevated corticosterone (CORT), the primary glucocorticoid in amphibians and reptiles, has been implicated in the suppression of wound healing (Thomas and Woodley, 2015) and growth (Dahl et al., 2012), little is known about its role in the regeneration of tissues following autotomy. Autotomy is an antipredator response wherein a portion of an appendage is lost or shed at a preformed breakage plane (Stebbins and Cohen, 1995; Johnson and Jakob, 1999; Downes and Shine, 2001; Bateman and Fleming, 2009; Marvin, 2010) which increases the probability of escape (Ducey and Brodie, 1983; Maginnis, 2006). Some lizards and salamanders rely on tail autotomy to distract and deter predators when primary defences such as biting, fleeing,

* Corresponding author at: Department of Biological Sciences, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 12180, USA.
E-mail address: Jacquelyn.lewis19@houghton.edu (J.L. Lewis).

<https://doi.org/10.1016/j.zool.2020.125751>
Received 21 November 2019; Received in revised form 20 January 2020; Accepted 22 January 2020
Available online 24 January 2020
0944-2006/ © 2020 Elsevier GmbH. All rights reserved.

Figura 11. Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Lewis et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 10, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

Quadro 12. Resumo geral da história em quadrinhos n. 10, intitulada “O caso das salamandras das caudas perdidas”, a qual foi elaborada com base no estudo de Lewis et al. (2020).

Personagens
Protagonista: Três irmãos salamandras. Coadjuvantes: Salamandra mãe, amigo e senhora salamandra.
Cenário
Ambiente natural com predominância de árvores e vegetação rasteira.
Resumo geral
<p>Em um certo dia, uma mãe salamandra estava com seus dois filhos aproveitando o belo dia na região arborizada que viviam. Apesar de nunca terem saído sozinhos os irmãos convencem a mãe a fazer um passeio pela região, no caminho os jovens convidam um amigo que mesmo com medo do que poderia acontecer segue acompanhando-os. Destemidos os dois jovens irmãos decidem se aventurar até o riacho úmido, ao contrário deles o amigo resolve ficar nas proximidades pois acreditava ser perigoso ir até aquele local. Enquanto sozinho é surpreendido por uma abelha que captava néctar, naquele momento em uma rápida conversa é notificado pela abelha que o local em que seus amigos estavam ofereciam-lhes risco de serem atacados por predadores. Logo em seguida, os seus amigos se aproximaram causando espanto por apresentarem ferimentos e o fato surpreendente da ausência de suas caudas. Retornando para o local em que viviam, os dois irmãos precisaram justificar para a mãe o que havia acontecido se queixando da perda de suas caudas. Comovida a mãe salamandra propõe levá-los a uma conhecida na região pelos tratamentos experimentais em vítimas de autotomia. A experiente salamandra acompanha o caso dos jovens e realiza um estudo sobre o hormônio (cortecosterona). Após análises a salamandra observou que os indivíduos autotomizados regeneraram significativamente menos o comprimento e volume da cauda e ainda considerou a relação desse hormônio com o comportamento exploratório das salamandras. Ao final os irmãos se encontram com as caudas regeneradas e comentam sobre a recuperação de suas caudas.</p>

3.1.11 História em quadrinhos n. 11.

A história n. 11 foi elaborada com base no estudo de Loram-Lourenço et al. (2020), conduzido por 13 autores filiados nas seguintes instituições: Universidade de Clermont-Auvergne, Universidade de Brasília e Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (Figura 11). O referido artigo foi publicado na revista *Frontiers in Plant Science* enquadrada no estrato A1 (ciências agrárias, biodiversidade, ciências ambientais) do Programa Qualis-CAPES e escore 4.407 como fator de impacto (2019), trata-se de uma importante revista que envolve pesquisas sobre modelos de plantas, safras e ecossistemas.

Neste estudo, os autores objetivaram avaliar como as variações estruturais e funcionais da casca estão relacionadas aos processos de resiliência e resistência ao fogo, além do transporte e

armazenamento de água em 31 espécies nativas do bioma Cerrado, demonstrando fortes evidências de que, além da proteção contra incêndio, o investimento relativo em casca também reflete diferentes estratégias de uso e conservação da água entre muitas espécies deste bioma.

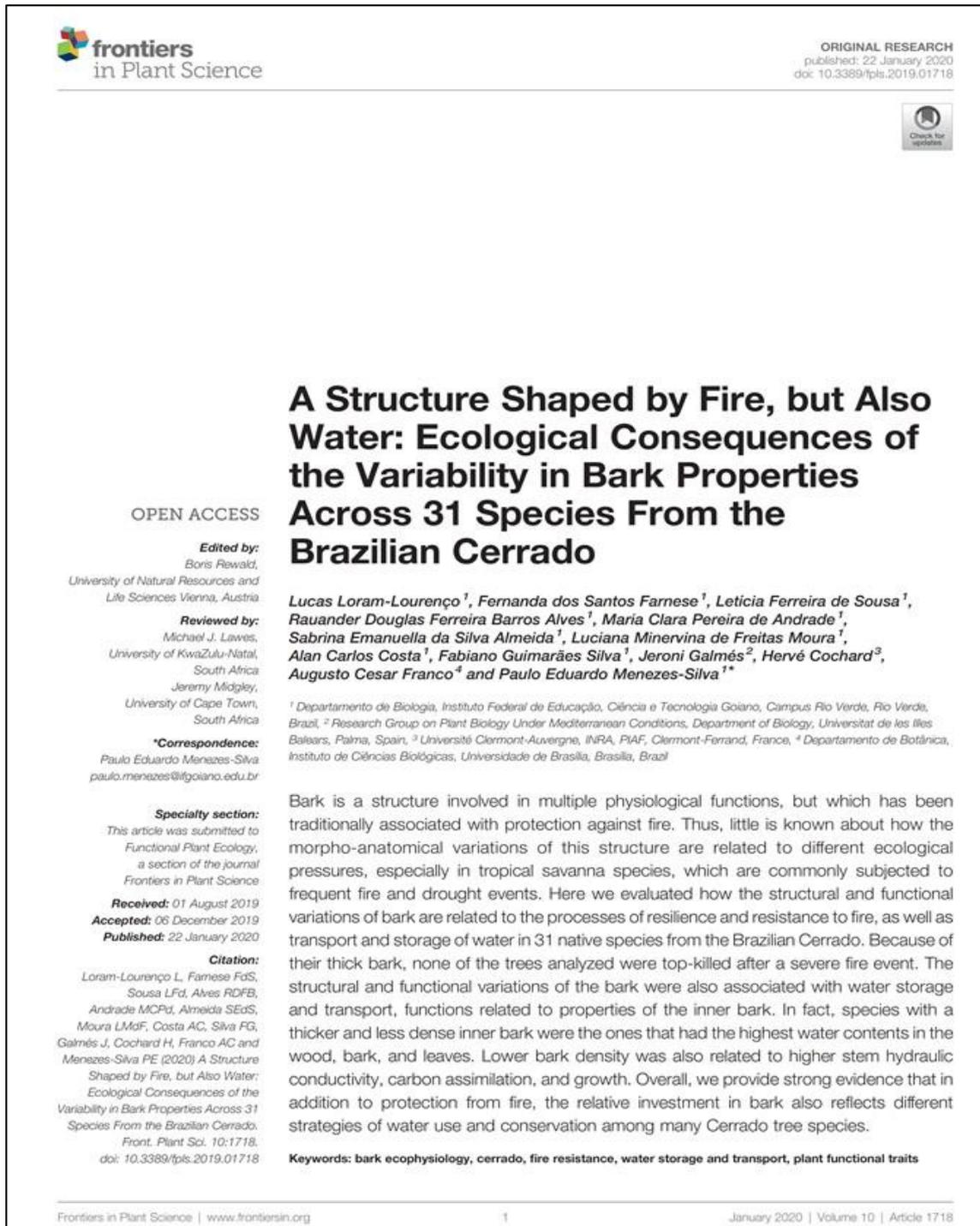


Figura 12. Imagem da parte superior da primeira folha do estudo de Loram-Lourenço et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 11, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

A partir das informações gerais do artigo, elencamos alguns componentes do artigo de Loram-Lourenço et al. (2020) para a elaboração da história em quadrinhos dentre eles destacamos. A saber:

- 1) Informações do referencial teórico para contextualização da área de pesquisa;
- 2) Descrição do local do estudo, espécies estudadas e metodologia para caracterização do cenário, personagens e enredo respectivamente;
- 3) Descrição detalhada da estrutura da casca incorporada ao desenho;
- 4) Uso do evento de incêndio descrito na pesquisa como base da sucessão de acontecimentos;
- 5) Adaptação dos resultados tratados nas imagens e tabelas nas falas dos personagens e;
- 6) Conclusões do estudo para configuração do desfecho da história.

Quadro 13. Resumo geral da história em quadrinhos n. 11, intitulada “Os segredos das superárvores do Cerrado” a qual foi elaborada com base no estudo de Loram-Lourenço et al. (2020).

Personagens
Protagonista: Árvores (D. Árvore e Árvore jovem). Coadjuvantes: Pássaro, lobo-guará, tamanduá bandeira e pica pau.
Cenário
Cerrado com disposição de vegetação rasteira, gramíneas, arbustos e árvores em formas de relevo irregular.
Resumo geral
A história inicia com o dispersar de uma semente por um pássaro que sobrevoava uma região do Cerrado. A jovem planta cresceu ao lado de uma velha e grande árvore, esta que lhe ensinou algumas peculiaridades da casca grossa das árvores do Cerrado inclusive destacando-a como uma importante estratégia de sobrevivência. Passados alguns anos aquela pequena planta se tornou uma grande árvore do Cerrado com a casca externa bem desenvolvida, foi então que percebeu o quão verdadeiro eram os ensinamentos de dona árvore. Em um dia qualquer a experiente D. árvore detecta um foco de incêndio no Cerrado o que foi confirmado pelos animais que passavam ali, D. árvore adverte que seria necessário ser forte para resistir ao fogo. Tudo se queimou inclusive as árvores, D. árvore se desperta e se preocupa com a jovem que se encontrava desacordada. Com ajuda do seu amigo pica pau, que passava por ali consegue acordá-la e verificar que estava bem. Passados dois meses as árvores já haviam se recuperado, foi então que D. grande árvore aproveitou para compartilhar com a jovem alguns achados de um importante estudo desenvolvido juntamente com seu amigo pica pau sobre a estrutura das cascas interna e externa das árvores do Cerrado. Ao final, D. árvore explica que as árvores do cerrado podem

ser consideradas super árvores pelo fato de possuírem super cascas, após compreender o que foi lhe explicado, a jovem árvore imagina a experiente D. árvore e o pica pau como “super... heróis” por terem descoberto tudo aquilo.

3.1.12 História em quadrinhos n. 12.

A história em quadrinhos de n. 12 foi elaborada a partir do estudo de Silva et al. (2020) (Figura 12). Esse artigo foi publicado no volume n.29 da revista científica *Ecotoxicology*, uma importante revista internacional dedicada a pesquisas sobre os efeitos de produtos químicos tóxicos em populações, comunidades e ecossistemas terrestres, de água doce e marinhos, possui estrato Qualis-CAPES A1 na área que envolve o estudo (ciências ambientais) e fator de impacto 2.535. O referido artigo foi desenvolvido por 9 autores vinculados ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde e Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

O objetivo do referido estudo foi avaliar as respostas fisiológicas, bioquímicas e morfológicas em plantas de *Dipterix alata* expostas a doses crescentes do herbicida nicosulfuron. Os experimentos foram conduzidos em esquema fatorial delineado em blocos ao acaso, com doses do herbicida em três tempos de avaliação e cinco repetições por tratamento. Os efeitos do herbicida foram avaliados e mostram que o nicosulfuron alterou a maquinaria fotossintética e o metabolismo enzimático da planta estudada. Além disso, reduções nas características fisiológicas em resposta ao nicosulfuron sugerem que *D. alata* é sensível ao herbicida.

O conteúdo do artigo de Silva et al. (2020) foi explorado ao longo da história “Uma planta em apuros”, elaborada considerando principalmente a espécie estudada e descrição contextualizada dos resultados obtidos na pesquisa. Inspirados nas informações tratadas no artigo, foram definidos os personagens que incluiu uma planta e um gafanhoto que, em um diálogo, explora os achados do estudo. Nesse mesmo contexto a criação dos personagens foi idealizada para possibilitar a exploração - de forma didática - das respostas fisiológicas das plantas expostas ao herbicida, bem como o comportamento do gafanhoto diante da situação em que a planta se encontrava. Elencamos os seguintes componentes do referido artigo para a elaboração da história em quadrinhos:

- 1) contextualização do referencial teórico para apresentação da área e espécie estudada;
- 2) descrição detalhada e contextualizada da metodologia utilizada (material vegetal e condições experimentais);
- 3) local do desenvolvimento da pesquisa para configuração do cenário (casa de vegetação);
- 4) descrição das características da espécie estudada no diálogo dos personagens e;

- 5) exposição didática dos resultados representados em gráficos ao enredo e desenhos da história;

O quadro 22 apresenta a descrição dos personagens, o cenário e o resumo geral da história elaborada. No produto educacional, é apresentada a versão final da história na qual foram incorporadas as sugestões dos autores.

Ecotoxicology (2020) 29:217–225
<https://doi.org/10.1007/s10646-019-02154-7>



***Dipteryx alata*, a tree native to the Brazilian Cerrado, is sensitive to the herbicide nicosulfuron**

Fábia Barbosa Silva^{1,2} · Alan Carlos Costa¹  · Caroline Müller¹ · Kelly Telles Nascimento¹ · Priscila Ferreira Batista¹ · Roberto Gomes Vital¹ · Clarice Aparecida Megguer³ · Adriano Jakelaitis¹ · Marisa Domingos⁴

Accepted: 13 December 2019 / Published online: 6 February 2020
 © Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2020

Abstract
 The expansion of land use for agricultural interests and the excessive use of herbicides are among the causes of biodiversity losses in the Brazilian Cerrado biome. Therefore, we aimed to test the hypothesis that *Dipteryx alata* Vogel, a common species in this biome, is sensitive to nicosulfuron because of its high phytotoxicity. We evaluated physiological, biochemical and morphological responses in *D. alata* plants exposed to increasing doses of the herbicide. Young plants were transplanted to 10 L pots containing substrate composed of soil and sand (2:1) after fertilization. After an acclimation period, the following doses of nicosulfuron were applied: 0 (control), 6, 12, 24, 48, and 60 g a.e. ha⁻¹. The experiment was conducted in a randomized block design factorial scheme with six doses of nicosulfuron, three evaluation times, and five replicates per treatment. The effects of the herbicide were assessed by measuring gas exchange, chlorophyll *a* fluorescence, photosynthetic pigments, membrane permeability, antioxidant enzymes and acetolactate synthase. Nicosulfuron altered the photosynthetic machinery and enzymatic metabolism of *D. alata*. Reductions in physiological traits, increased catalase and ascorbate peroxidase activities, enhanced malondialdehyde concentrations rate of electrolyte leakage and decreased acetolactate synthase activity in response to nicosulfuron all suggest that *D. alata* is sensitive to this herbicide.

Keywords Chlorophyll *a* fluorescence · Herbicide · Oxidative stress · Photosynthesis

Introduction
 Cerrado is the second largest South American biome, occupying about 20% of the Brazilian territory. It is considered one of the world's hotspots for biodiversity conservation because of the abundance of endemic species, the substantial loss of habitats and the high number of plant and animal species at risk of extinction. Intense human land use caused loss of approximately 50% of the original area of the Cerrado biome in the center-west region of Brazil (MMA 2012). The degradation of this area is directly related to agricultural practices, including indiscriminate use of agrottoxins such as herbicides (Marris 2005) that reach natural vegetation surrounding arable areas on account of drift (Egan et al. 2014; Bohnenblust et al. 2016). The photosynthetic machinery is easily disturbed by herbicides (Yuan et al. 2014; Agostinetto et al. 2016; Lima et al. 2017), including changes in CO₂ diffusion (Olesen and Cedergreen 2010), electron transport, and the structure of the photosynthetic apparatus (Walters 2005). All these effects result in decreased photochemical efficiency (Dayan and Zaecaro 2012). Changes in antioxidant responses, increases in leaf contents of reactive oxygen species (e.g. hydrogen

Supplementary information The online version of this article (<https://doi.org/10.1007/s10646-019-02154-7>) contains supplementary material, which is available to authorized users.

✉ Alan Carlos Costa
 alcarcos@gmail.com

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano—Campus Rio Verde, Caixa Postal 66, Rio Verde, GO 75901-9 70, Brazil

² Laboratório de Estudo de Plantas sob Estresse, Universidade de Sao Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Caixa Postal 9, Piracicaba, SP 13418-900, Brazil

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano—Campus Morrinhos, Caixa Postal 92, Morrinhos, GO 75650-000, Brazil

⁴ Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ecologia, Caixa Postal 68041, São Paulo, SP 04045-972, Brazil



Figura 13. Imagem da parte superior primeira folha do estudo de Silva et al. (2020), utilizado como base para a elaboração da história em quadrinhos n. 12, com destaque para o nome do periódico no qual o trabalho foi publicado, suas informações bibliográficas, autores e afiliações.

Quadro 14. Resumo geral da história em quadrinhos n. 12, intitulada “Uma planta em apuros”, a qual foi elaborada com base no estudo de Silva et al. (2020).

Personagens
Protagonista: Gafanhoto Co-protagonista: Planta Coadjuvantes: Demais plantas da estufa
Cenário
Ambiente externo e interno de uma estufa com detalhes da vegetação e disposição de plantas nas bancadas.
Resumo geral
<p>A história se inicia quando um gafanhoto se depara com uma estufa e percebe a possibilidade de garantir alimento por um bom tempo. Ao encontrar um espaço sob medida, o gafanhoto entra na estufa e resolve experimentar uma daquelas plantas e, logo após, dar a primeira mordida, sente um gosto amargo em sua boca e questiona de quem se tratava aquela planta. Surpreso inicia uma conversa com a planta descobrindo que se tratava de uma muda de baruzeiro e que havia visitado há pouco tempo seus familiares próximos às lavouras de milho e soja da região. A planta segue a conversa com o gafanhoto e revela o motivo de estar ali, justifica que está participando de alguns testes com o uso de um herbicida chamado nicosulfuron, este que logo foi reconhecido pelo gafanhoto devido sua experiência em plantações e que também o associa ao fato de torná-la tão amarga. No decorrer da conversa a planta relata não se sentir bem depois de algumas concentrações de nicosulfuron, queixa não tem conseguido realizar sua fotossíntese normalmente e fraqueza. O gafanhoto identificou ainda que a planta estava amarelada e abatida, associou o mal-estar aos níveis de clorofila a e b, frequência respiratória noturna diminuída com a exposição ao nicosulfuron. Preocupado com a situação, o gafanhoto atende o pedido da planta em apuros e voa para notificar a todos sobre os efeitos do herbicida, o impacto desse na diversidade de espécies vegetais com nível de sensibilidade semelhante e a importância da conservação do Cerrado.</p>

4. Avaliação dos autores dos artigos e suas participações

Em relação à avaliação das histórias em quadrinhos elaboradas, 13 pesquisadores/cientistas responderam às nossas questões presentes no formulário avaliativo, o que corresponde a apenas 15% do total de autores dos artigos utilizados em nosso estudo, permitindo-nos inferir sobre o volume de trabalho e atividades nas quais os pesquisadores possam estar envolvidos (o que justificaria sua indisponibilidade de participação) ou o

desinteresse pela popularização da ciência. Além disso, os autores participantes estavam vinculados a 6 dos 12 artigos utilizados em nosso estudo. Entretanto, dos participantes do nosso estudo, observamos que 100% consideraram que a história em quadrinhos relacionada ao seu artigo possui temática, enredo e personagens coerentes que se relacionam direta- ou indiretamente com os resultados obtidos em sua pesquisa; que as histórias podem ser utilizada como uma forma de linguagem para comunicar, divulgar e popularizar o seu estudo, além de recomendarem o uso das histórias como ferramenta/recurso complementar no ensino de ciências na educação básica (Figura 14A).

Quanto à qualidade do *layout* das histórias e do conteúdo das conversas entre os personagens, os pesquisadores, em sua maioria, atribuíram um conceito “muito bom” ou “bom” (Figura 14B-C). Por outro lado, 92,4% dos pesquisadores classificaram o nível de complexidade das histórias avaliadas como “médio ou alto” (Figura 14D) e 23,1% acreditam que as histórias não estejam adequadas ao nível de escolaridade do ensino fundamental (Figura 14E), o que nos motivou a não restringir o público-alvo das histórias, deixando a cargo dos seus utilizadores definir para quais estudantes o contexto das histórias são mais adequados. Os pesquisadores também destacaram que utilizariam as histórias elaboradas como forma de divulgação científica em redes sociais e feiras de profissões (em universidades), bem como durante a ministração de aulas no ensino médio e superior (em disciplinas correlatas), bem como em projetos de extensão e atividades de educação ambiental. Além disso, vários participantes sugeriram alterações nas histórias, as quais incluíram aspectos sobre seus conteúdos científicos, enredos, cenários e expressões faciais dos personagens, as quais foram utilizadas para a finalização das histórias.

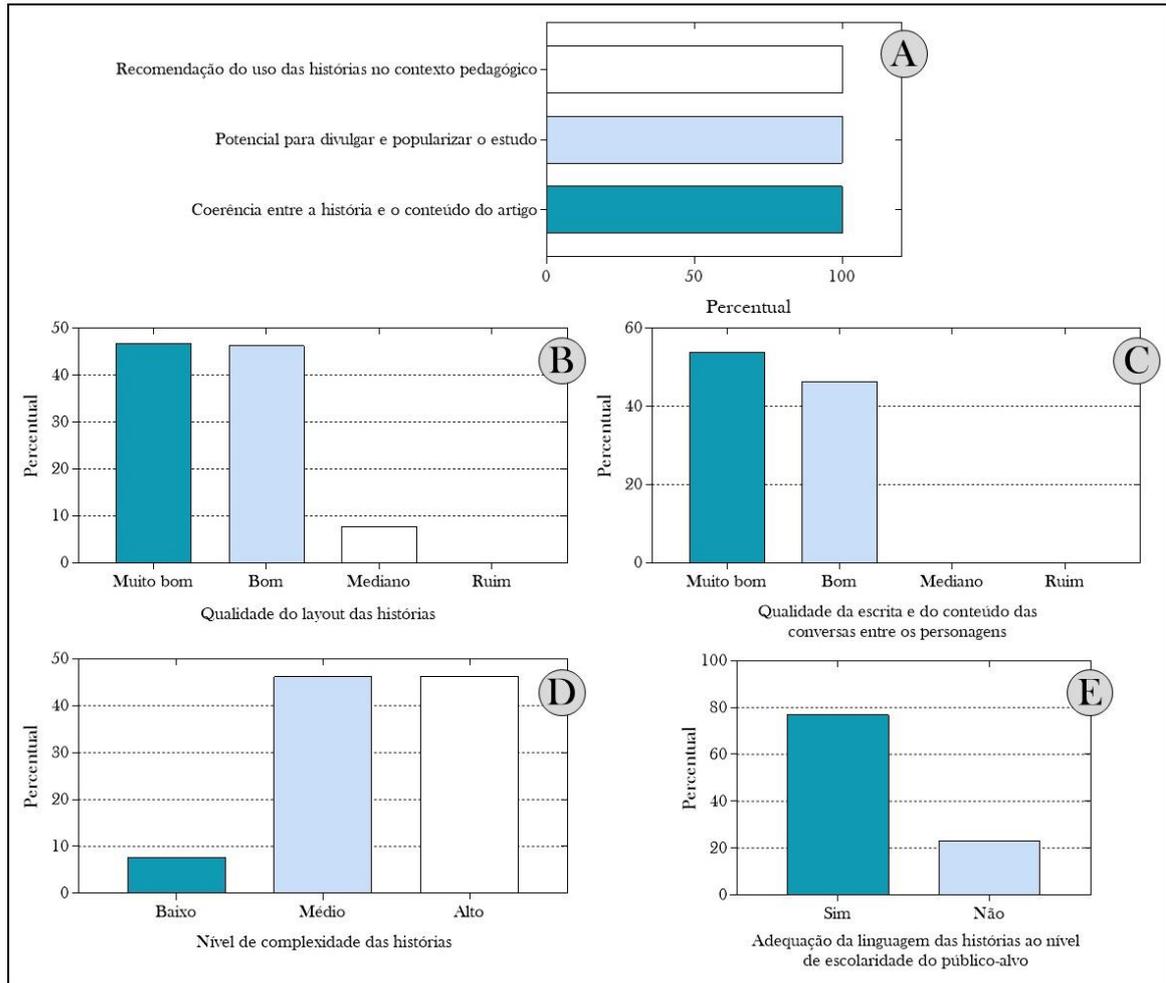


Figura 14. Respostas dos participantes do presente estudo quanto à avaliação realizada das histórias em quadrinhos elaboradas.

5. DISCUSSÃO

5.1. O envolvimento de cientistas/pesquisadores em atividades de popularização da ciência

A análise dos resultados obtidos a partir do formulário avaliativo permitiu inicialmente refletir sobre a participação dos pesquisadores/cientistas. Do total de autores ($n=87$) dos artigos utilizados em nosso estudo para a elaboração das histórias em quadrinhos, apenas 15% dos pesquisadores ($n=13$) responderam ao nosso questionário online. Tais dados permitem-nos inferir sobre indisponibilidade de participação dos cientistas considerando alguns pressupostos. Um deles seria o grande volume de trabalho e atividades nas quais os pesquisadores possam estar envolvidos, considerando ainda que o envolvimento na pesquisa demanda além de um processo melindroso de construção do conhecimento científico, dinâmicas adicionais as quais podem ou não estar diretamente relacionadas às pesquisas exigindo, portanto, maior tempo de dedicação. Nesse sentido, podemos reflexionar a respeito da sobrecarga de atividades e funções por trás da

produção científica. De fato, os pesquisadores estão debruçados no desenvolvimento de suas pesquisas e isso envolve nuances que os fazem produtores de ciência. Conforme discutido por Droescher & Silva (2014), o sistema de produção científica é complexo e exige dos pesquisadores muitas atribuições e obrigações. Logo, essa seria uma possível justificativa da colaboração de apenas 15% do total de pesquisadores/cientistas convidados a participarem do nosso estudo.

Ainda nesse sentido, é importante pontuarmos que o trabalho dos cientistas é contínuo e, em decorrência da corrida implacável no desenvolvimento de novos estudos, a pressão por produtividade e a sobrecarga de atribuições é indiscutível (Gwin, 2021). Apesar disso, é igualmente consensual as potenciais contribuições advindas da participação dos cientistas em iniciativas de comunicação e divulgação da ciência para não-cientistas. Entretanto, conforme pontua McCann et al. (2015), alguns pesquisadores apontam obstáculos para iniciativas de educação científica e para atividades que envolvem a popularização de seus trabalhos. Além disso, ainda é notório a falta de apoio ou recursos institucionais para equilibrar suas carreiras de pesquisa e atividades de divulgação e, em alguns casos, a objeção em encontrar maneiras de se conectar com um público não científico. O papel dos pesquisadores vai além de fazer ciência, mas também de contribuir com iniciativas para comunicação, divulgação e popularização de suas descobertas. Logo, isso implica em estabelecer contínuo diálogo entre cientistas/pesquisadores e a sociedade em geral, o que demanda mais que a sensibilidade desses atores (McCann et al., 2015). Nesse sentido, Jensen et al. (2008) destacam que a falta de tempo ou de reconhecimento da carreira não devem ser vistos como determinantes para a não participação de cientistas em iniciativas com o propósito de divulgação/popularização de suas pesquisas.

Por outro lado, a ausência de respostas da grande maioria dos pesquisadores convidados, em um cenário pessimista, traz à tona o potencial descaso e desinteresse pela popularização da ciência e, no nosso caso, de seus próprios estudos. Conforme destacado por Rose et al. (2020) é essencial que os pesquisadores participem de atividades com propósito de fortalecer a ciência e sustentar as iniciativas de comunicar, divulgar e popularizar o seu estudo. As atividades relacionais são de importância crítica para sustentar e perpetuar a prática da ciência, incluindo as responsabilidades de cada cientista com os aspectos sociais da pesquisa, incluindo sua produção e divulgação (Bezuidenhout, 2017). Contribuir por meio da colaboração fortalece as descobertas científicas além de expandir as fronteiras desses conhecimentos à sociedade (Weil, 2002; Russo, 2014). Portanto, a expectativa é a que interações com pesquisadores em atividades de popularização da ciência possam fortalecer e valorizar a ciência, assim como suas descobertas em um contexto amplo.

Conforme discutido por Poliakoff & Webb, (2007) e Besley et al. (2012), a participação dos pesquisadores/cientistas na popularização científica envolvem também o compromisso com a sociedade. Para isso, é essencial que as colaborações envolvam a troca de experiências e o compartilhamento de visões diferenciadas sob a ótica das pesquisas desenvolvidas e publicadas (Osmond, 2010; Peker & Dolan, 2012). Tanto os cientistas, quanto o público se beneficiam da comunicação da pesquisa científica e suas consequências benéficas à educação. Enquanto os cientistas tendem a desenvolver melhor suas habilidades de comunicação científica, os estudantes alunos ampliam a compreensão e entusiasmo pela ciência (Clark et al., 2016). Portanto, é necessário recrutar mais cientistas para tais atividades inclusive em iniciativas como a que propusemos, que visou envolver a popularização da ciência no contexto da educação científica.

Em contrapartida, Hilgartner (1990) nos chama a atenção para o fato de que a popularização sob uma visão dominante pode apresentar fragilidades e que iniciativas podem ser rotuladas como distorções, tendo como consequência certa resistência a atividades com esse propósito. Ainda de acordo com o autor, a popularização da ciência, ainda que considerada uma atividade educacional necessária, pode ser mal interpretada por alguns cientistas que a concebem como uma simplificação da ciência para não-cientistas. Portanto, existe um paradigma que precisa ser explorado e vencido sobre a flexibilidade da popularização, bem como essa distorção conceptual (Davies, 2008). Desse modo, é fundamental a avaliação das propostas de popularizar a ciência pelos próprios pesquisadores.

5.2. As histórias em quadrinhos

De acordo com Friesen et al. (2018), transformar artigos científicos em quadrinhos requer detalhamento da maior parte do conteúdo, utilizando-se de imagens sequenciais com elementos científicos curtos e concisos na narrativa. Ainda segundo os autores, o processo de desenvolvimento dos quadrinhos científicos inclui: (i) uma base conceitual; (ii) configuração vinculando graficamente elementos científicos importantes para a fundamentação conceitual; (iii) personagens que graficamente descrevem a ciência e; (iv) um enredo detalhado que entrelaça o conceito fundação, cenário e personagens em uma narrativa linear. A elaboração de nossas histórias em quadrinhos consistiu basicamente na prioridade dos detalhes científicos em seus enredos, de modo que as informações científicas foram incorporadas à linguagem e aos elementos cômicos para que maximizássemos a compreensão dos achados do artigo em que se fazia referência. De modo geral, os personagens, cenários e enredos das histórias em quadrinhos foram idealizados exclusivamente para tratar dos dados dos artigos e, portanto, nossas histórias

tratam-se fundamentalmente de histórias científicas que foram avaliadas positivamente pelos autores dos estudos que participaram da nossa pesquisa.

No que concerne as temáticas tratadas nas histórias em quadrinhos, podemos considerá-las variadas, as quais abrangeram aspectos correlacionados com as áreas da saúde e ciências ambientais. De modo geral, os estudos selecionados variaram entre pesquisas que investigaram sobre os impactos de poluentes, preservação ambiental e tratamentos alternativos para doenças. Os quadrinhos seguiram as temáticas dos artigos de forma a acentuar as descobertas e contribuições para a área de estudo. Há diversos estudos compreendendo quadrinhos científicos, que certificam a versatilidade de histórias em quadrinhos sobre diversas temáticas (Lin et al., 2015; McNicol, 2016; Hands et al., 2018; Roswati et al., 2019; Kearns & Kearns, 2020; Vasques et al., 2020). No entanto, esses estudos, diferentemente do nosso trabalho, não levaram em consideração a participação direta dos autores das descobertas científicas abordados nas histórias e, portanto, perderam a oportunidade de aproximá-los da popularização da ciência.

Quanto aos personagens das histórias, estes foram idealizados considerando sujeitos envolvidos nos artigos, os quais incluíam cientistas, animais testados, objetos de estudo, dentre outros que foram acrescentados, visando contribuir para que o conteúdo do artigo fosse trabalhado com exatidão no enredo. Nesse caso, o minucioso trabalho de leitura e estudo dos artigos científicos foi determinante para a desenvoltura das histórias, cujo propósito inicial foi identificar a temática para criação de personagens e enredos coerentes. Em nossos quadrinhos, os personagens processam a narração da história por meio de suas características, personalidades e ações, sendo que os atores principais e/ou coadjuvantes consistiram, majoritariamente, em cientistas e animais foco de investigação nos estudos. Os personagens cientistas, em particular, incluíam homens e mulheres, aspecto que contribui para a desconstrução dos estereótipos que ainda persistem sobre cientistas (Reznik et al., 2017).

Conforme ressalta Kaur (2015), as imagens curriculares dos pesquisadores/cientistas levam os estudantes a idealizarem como tipos “diferentes” de pessoas, além de conceberem a própria ciência como uma prática “exclusiva” em um mundo abstrato. As percepções dos alunos sobre a ciência e cientistas podem ser ressignificadas e, portanto, iniciativas que corroboram com a construção de uma visão mais completa da imagem dos cientistas devem ser trabalhadas a fim de reduzir visões estereotipadas da ciência e cientistas (Smith et al., 2018). Além disso, é imperativo que a ideia de que a ciência e o cientista habitam um “mundo abstrato de compreensão inacessível” seja desmitificada (Germano, 2011). Nesse contexto, as histórias em quadrinhos elaboradas buscam cuidadosamente retratar os cientistas como personagens que se relacionavam entre seus pares e até mesmo com personagens animais, sugerindo uma imagem

objetiva. Ainda que alguns desenhos desses personagens tenham sido representados de jalecos, por exemplo, tal fato não se reduz ao sinal metafórico de autoridade comumente construída e sim à vestimenta adequada ao ambiente de laboratório. Portanto, pretendemos nas histórias em quadrinhos retratar os pesquisadores/cientistas de forma plural, visando contribuir para uma percepção de cientistas mais próximos e amigáveis.

Por outro lado, em algumas histórias a figura do cientista foi discreta e aludida em contextos de investigações e descobertas por personagens os quais se referiam. Nessas formas, foram atribuídos a alguns modelos animais a figura implícita dos cientistas, destacando a ideia de investigação, ainda assim considerando ligeiramente os métodos adotadas na pesquisa conforme o artigo base para elaboração da história. A desconstrução dos estereótipos sobre os cientistas é altamente complexa; no entanto, a sensibilização de jovens por meio de iniciativas que envolvem a educação científica pode contribuir esperançosamente a esse propósito (Tintori & Palomba, 2017). Diante disso, presume-se que as histórias em quadrinhos para a popularização científica cumprem um papel importante de comunicar a ciência e apoia a desconstrução de estereótipos dessa natureza.

Outro aspecto considerado em nosso estudo, refere-se à diversidade de layout de cada história. Embora as histórias tenham variado entre formatos, o layout das histórias e do conteúdo das conversas entre os personagens foram ponderados, em sua maioria, em conceitos “muito bom” ou “bom”, pelos autores participantes dos artigos. Esse resultado reflete sobre os aspectos importantes dos estilos e formatos das histórias desenvolvidas, os quais foram definidos nas etapas que antecederam a elaboração dos roteiros e definição dos quadrinhos. De modo geral, os quadrinhos possuem arte variada permitindo que seus elementos sejam singulares e formatos com identidade própria (Cohn, 2005). Em relação ao nível de complexidade e adequação das histórias ao nível de escolaridade, estes também foram avaliados positivamente (Figura 14). O conteúdo científico de cada artigo foi explorado para que conceitos fossem descritos em forma de diálogo, em uma linguagem representativa e mais compreensível a um público não especialista.

Vale salientar que as histórias em quadrinhos que elaboramos têm o potencial de tornar conteúdos científico mais acessíveis e envolventes para estudantes da educação básica. De acordo com o estudo exploratório de Tatalovic (2009), os quadrinhos científicos podem ser utilizados para trabalhar a ciência, além de ser uma excelente maneira de inspirar as crianças e jovens aos estudos científicos. Na prática, esses quadrinhos podem ser utilizados nos diferentes contextos da educação básica tendo em vista o ensino de conteúdos científicos de forma atraente e motivadora, simultaneamente os quadrinhos podem fornecer incentivo à prática de leitura,

desenvolver o senso crítico, e envolver os estudantes partindo da proposta de ensino transdisciplinar. Assim, pretende-se sugerir que as histórias em quadrinhos desenvolvidas sejam utilizadas praticamente por docentes e comunidade escolar para o ensino de diversos conteúdos podendo ser um recurso introdutor, complementar e/ou problematizador de assuntos gerais e científicos.

Por fim, acreditamos que nosso estudo possa contribuir também para a discussão em curso sobre o uso das histórias em quadrinhos com foco na popularização da ciência. A avaliação das histórias pelos pesquisadores consistiu em uma importante iniciativa para que pudéssemos reconhecer pontos positivos e limitações dos quadrinhos elaborados. No entanto, é salutar destacar que as atividades de popularização da ciência estão permanentemente em processo de construção a partir de seus objetivos e práticas, considerando a busca da eficiência de integrar os avanços científicos na realidade social (Massarani & Moreira, 2004). Portanto, somos adeptos à vertente de que a popularização da ciência deve incluir um conceito suficientemente amplo e coletivo que envolva instituições de pesquisa, universidades, cientistas, comunicadores e estudantes. Conforme discutido por Dubińska-Magiera et al. (2020), a popularização da ciência além de despertar a consciência social permite o pensamento crítico, sendo valiosa para inspirar os jovens a buscar atividades acadêmicas e de pesquisa. Além disso, a popularização oportuniza o cientista olhar para seu trabalho em uma perspectiva completamente nova, às vezes até surpreendente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a partir de uma abordagem pioneira, podemos concluir que é possível realizar a popularizar artigos técnico-especializados a partir de histórias em quadrinhos, de forma a envolver seus autores e os criadores das histórias, o que constitui uma abordagem pioneira no campo da popularização da ciência. Nossa expectativa é a de que interações com pesquisadores em atividades que visam popularizar o conhecimento científico possam levar a um fortalecimento do ensino e extensão, contribuindo para a aproximação das universidades/centros de pesquisa com a educação básica, cientistas, professores, estudantes e sociedade em geral. Além disso, a avaliação das histórias em quadrinhos do nosso estudo reforça a forma de linguagem desse tipo de ferramenta/recurso para comunicar, divulgar e popularizar os resultados dos artigos avaliados. Reconhecemos que nosso estudo não é exaustivo e, portanto, abordagens mais abrangentes podem e devem ser exploradas. Avaliar o uso das histórias para a melhoria e aperfeiçoamento do conhecimento de assuntos relacionados aos conteúdos de ciências e biologia explorados na educação básica constitui, por exemplo, uma perspectiva interessante de investigação futura.

Além disso, pode-se questionar se essas histórias contribuem de fato para a desmistificação de conceitos e estereótipos e, até que ponto, elas podem servir de estímulos para a continuidade dos estudos na área acadêmica. Nesse sentido, estimulamos a continuidade de estudos dessa natureza para que possamos aprofundar nossos conhecimentos sobre os benefícios das histórias em quadrinhos no contexto da popularização e educação científica.

7. REFERÊNCIAS

- Akcanca, N. (2020). An Alternative Teaching Tool in Science Education: Educational Comics. *International Online Journal of Education and Teaching*, 7(4), 1550-1570.
- Barsdorf, N., & Millum, J. (2017). The Social Value of Health Research and the Worst Off. *Bioethics*, 31(2), 105-115. doi:10.1111/bioe.12320
- Basniak, M. I., Almeida, C. S. A., & Silva, S. C. R. (2018). Universidade e sociedade: diálogos silenciados. *Revista Lusófona de Educação*, 39, 147-159. doi: 10.24140/issn.1645-7250.rle39.10
- Bauer, M. W. (2009). The Evolution of Public Understanding of Science—Discourse and Comparative Evidence. *Science, Technology and Society*, 14(2), 221-240. doi:10.1177/097172180901400202
- Besley, J. C., & Nisbet, M. (2011). How scientists view the public, the media and the political process. *Public Understanding of Science*, 22(6), 644-659. doi:10.1177/0963662511418743
- Besley, J. C., Oh, S. H., & Nisbet, M. (2012). Predicting scientists' participation in public life. *Public Understanding of Science*, 22(8), 971-987. doi:10.1177/0963662512459315
- Bezuidenhout, L. (2017). The relational responsibilities of scientists: (Re) considering science as a practice. *Research Ethics*, 13(2), 65-83. doi:10.1177/1747016117695368
- Bromme, R., & Goldman, S. R. (2014). The Public's Bounded Understanding of Science. *Educational Psychologist*, 49(2), 59-69. doi:10.1080/00461520.2014.921572
- Bultitude, K., Rodari, P., & Weitkamp, E. (2012). Bridging the gap between science and policy: the importance of mutual respect, trust and the role of mediators. *Online Journal of Science Communication*, 11(3).
- Butler, K. T., Davies, D. W., Cartwright, H., Isayev, O., & Walsh, A. (2018). Machine learning for molecular and materials science. *Nature*, 559(7715), 547-555. doi:10.1038/s41586-018-0337-2

- Canfield, K. N., Menezes, S., Matsuda, S. B., Moore, A., Mosley Austin, A. N., Dewsbury, B. M., ... Taylor, C. (2020). Science Communication Demands a Critical Approach That Centers Inclusion, Equity, and Intersectionality. *Frontiers in Communication*, 5. doi:10.3389/fcomm.2020.00002
- Chaves, C. V., & Moro, S. (2007). Investigating the interaction and mutual dependence between science and technology. *Research Policy*, 36(8), 1204–1220.
- Clark, G., Russell, J., Enyeart, P., Gracia, B., Wessel, A., Jarmoskaite, I., ... Roux, S. (2016). Science Educational Outreach Programs That Benefit Students and Scientists. *PLOS Biology*, 14(2), e1002368. doi:10.1371/journal.pbio.1002368
- Cohn, N. (2005). Un-Defining" Comics": Separating the cultural from the structural in 'comics'. *International Journal of Comic Art*, 7(2), 236-248.
- Dahlstrom, M. F. (2014). Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(Supplement_4), 13614–13620. doi:10.1073/pnas.1320645111
- Davies, S. R. (2008). Constructing Communication: Talking to Scientists About Talking to the Public. *Science Communication*, 29(4), 413–434. doi:10.1177/1075547008316222
- De Souza Aragão, D. S., da Costa Souza, A. M., da Silva, S. A., & Jucá, S. C. S. (2020). Cenário político e contribuições da mídia no processo de desvalorização da ciência no Brasil. *Research, Society and Development*, 9(9), e371997138-e371997138.
- Diani, G., & Sezzi, A. (2020). Scientific websites for children: nurturing children's scientific literacy through the conflation of multiple semiotic resources. *Journal of Visual Literacy*, 1-19. doi:10.1080/1051144x.2020.1828675
- Droescher, F. D., Silva, E. L. (2014) O pesquisador e a produção científica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, v.19, 10-189.
- Dubińska-Magiera, M., Migocka-Patrzałek, M., & Cegłowska, A. (2020). Danio adventure. Developmental biology of the zebrafish in science popularisation. *Journal of Biological Education*, 1-11. doi:10.1080/00219266.2020.1776752
- Eisner W. Quadrinhos e arte sequencial. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/0B-VQ4SA_zlxzX05vQkw2Um1nNEE/view. Acesso em: 18 mar. 2021.
- Farinella, M. (2018). The potential of comics in science communication. *Journal of science communication*, 17(1).
- Fioravanti, C. H., Andrade, R. de O., & Marques, I. da C. (2016). Os cientistas em quadrinhos: humanizando as ciências. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, 23(4), 1191–1208. doi:10.1590/s0104-59702016000400008

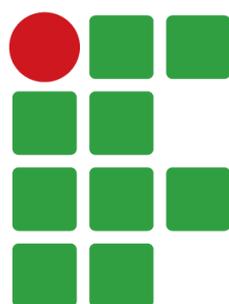
- Friesen, J., Van Stan, J., & Elleuche, S. (2018). Communicating Science through Comics: A Method. *Publications*, 6(3), 38. doi:10.3390/publications6030038
- Germano, M. G. (2011). *Uma nova ciência para um novo senso comum*. EDUEPB.
- Germano, M. G., & Kulesza, W. A. (2007). Popularização da ciência: uma revisão conceitual. *Caderno Brasileiro de ensino de Física*, 24(1), 7-25.
- Gewin, V. (2021). Pandemic burnout is rampant in academia. *Nature*, 591(7850), 489-491
- Górriz, J. M., Ramírez, J., Ortíz, A., Martínez-Murcia, F. J., Segovia, F., Suckling, J., ... Ferrández, J. M. (2020). Artificial intelligence within the interplay between natural and artificial Computation: advances in data science, trends and applications. *Neurocomputing*. doi:10.1016/j.neucom.2020.05.078
- Guenther, L., Bischoff, J., Löwe, A., Marzinkowski, H., & Voigt, M. (2017). Scientific Evidence and Science Journalism. *Journalism Studies*, 1-20. doi:10.1080/1461670x.2017.1353432
- Hands, T., Shaw, A., Gibson, M., & Miller, K. (2018). People and their plants: The effect of an educational comic on gardening intentions. *Urban Forestry & Urban Greening*, 30, 132-137. doi:10.1016/j.ufug.2018.01.017
- Hilgartner, S. (1990). The Dominant View of Popularization: Conceptual Problems, Political Uses. *Social Studies of Science*, 20(3), 519-539.
- Hopf, H., Krief, A., Mehta, G., & Matlin, S. A. (2019). Fake science and the knowledge crisis: ignorance can be fatal. *Royal Society Open Science*, 6(5), 190161. doi:10.1098/rsos.190161
- Hosler, J., & Boomer, K. B. (2011). Are comic books an effective way to engage nonmajors in learning and appreciating science?. *CBE—Life Sciences Education*, 10(3), 309-317.
- Jee, B. D., & Anggoro, F. K. (2012). Comic Cognition: Exploring the Potential Cognitive Impacts of Science Comics. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 11(2), 196-208. doi:10.1891/1945-8959.11.2.196
- Jensen, P., Rouquier, J.-B., Kreimer, P., & Croissant, Y. (2008). Scientists who engage with society perform better academically. *Science and Public Policy*, 35(7), 527-541. doi:10.3152/030234208x329130
- Kaur, G. (2015). Imagens curriculares de cientistas: livros didáticos e popularidade da ciência. *Economic and Political Weekly*, 71-76.
- Kearns, C., & Kearns, N. (2020). The role of comics in public health communication during the COVID-19 pandemic. *Journal of Visual Communication in Medicine*, 1-11. doi:10.1080/17453054.2020.1761248

- Kim, D. H., Jang, H. G., Shin, D. S., Kim, S. J., Yoo, C. Y., & Chung, M. S. (2012). Science Comic Strips. *Journal of Education and Learning*, 1(2), 65-71.
- Koutníková, M. (2017). The application of comics in science education. *Acta Educationis Generalis*, 7(3), 88-98. doi: 10.1515/atd-2017-0026
- Lin, S. F., Lin, H. S., Lee, L., & Yore, L. D. (2015). Are science comics a good medium for science communication? The case for public learning of nanotechnology. *International Journal of Science Education, Part B*, 5(3), 276-294. doi:10.1080/21548455.2014.941040
- López-Goñi, I., & Sánchez-Angulo, M. (2017). Social networks as a tool for science communication and public engagement: focus on Twitter. *FEMS Microbiology Letters*, 365(2). doi:10.1093/femsle/fnx246
- Luzón, M. J. (2013). Public Communication of Science in Blogs. *Written Communication*, 30(4), 428-457. doi:10.1177/0741088313493610
- Massarani, L., & Merzagora, M. (2014). Socially inclusive science communication. *JCOM: Journal of Science Communication*, 13(2).
- Massarani, L., & Moreira, I. C. (2004). Popularisation of science: historical perspectives and permanent dilemmas. *Quark*, 75-79.
- Mattiello, E. (2017) The popularisation of science via TED talks. *International Journal of Language Studies*, v. 11.
- McCann, B. M., Cramer, C. B., & Taylor, L. G. (2015). Assessing the impact of education and outreach activities on research scientists. *Journal of Higher Education Outreach and Engagement*, 19(1), 65-78.
- Mcnicol, Sarah. The potential of educational comics as a health information medium. *Health Information & Libraries Journal*, v. 34, n. 1, p. 20-31, 2017.
- Medina, M. Á. (2020). Sustainability in the management of scientific information. *Sustainability Science*. doi:10.1007/s11625-020-00864-0
- Nagaraj, A., Shears, E., & de Vaan, M. (2020). Improving data access democratizes and diversifies science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 202001682. doi:10.1073/pnas.2001682117
- Osmond, Deanna L. et al. (2010). The role of interface organizations in science communication and understanding. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 8, n. 6, p. 306-313
- Parr, T. W., Sier, A. R. J., Battarbee, R. W., Mackay, A., & Burgess, J. (2003). Detecting environmental change: science and society—perspectives on long-term research and

- monitoring in the 21st century. *Science of The Total Environment*, 310(1-3), 1-8. doi:10.1016/s0048-9697(03)00257-2
- Pathakoti, K., Manubolu, M., & Hwang, H.-M. (2017). Nanostructures: Current uses and future applications in food science. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(2), 245-253. doi:10.1016/j.jfda.2017.02.004
- Peker, D., & Dolan, E. (2012). Helping students make meaning of authentic investigations: findings from a student-teacher-scientist partnership. *Cultural Studies of Science Education*, 7(1), 223-244. doi:10.1007/s11422-012-9385-3
- Poliakoff, E., & Webb, T. L. (2007). What Factors Predict Scientists' Intentions to Participate in Public Engagement of Science Activities? *Science Communication*, 29(2), 242-263. doi:10.1177/1075547007308009
- Porfiro, L. D., & Baldino, J. M. (2018). Perspectivas teórico-conceituais de popularização da ciência: vulgarização, alfabetização e divulgação científica. *Revista Científica de Educação*, v.3.
- Regmi, P. R., Waithaka, E., Paudyal, A., Simkhada, P., & Van Teijlingen, E. (2017). Guide to the design and application of online questionnaire surveys. *Nepal Journal of Epidemiology*, 6(4), 640. doi:10.3126/nje.v6i4.17258
- Reznik, G., Massarani, L. M., Ramalho, M., Malcher, M. A., Amorim, L., & Castelfranchi, Y. (2017). Como adolescentes apreendem a ciência e a profissão de cientista?. *Revista Estudos Feministas*, 25(2), 829-855.
- Riesch, H., & Mendel, J. (2014). Science Blogging: Networks, Boundaries and Limitations. *Science as Culture*, 23(1), 51-72. doi:10.1080/09505431.2013.801420
- Rose, K. M., Markowitz, E. M., & Brossard, D. (2020). Scientists' incentives and attitudes toward public communication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201916740. doi:10.1073/pnas.1916740117
- Russo, M. (2014) Ética e integridade na ciência: da responsabilidade do cientista à responsabilidade coletiva. *Estud. av. [conectados]*. 2014, vol.28, n.80, pp.189-198. ISSN 0103-4014. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142014000100016>
- Roswati, N., Rustaman, N. Y., & Nugraha, I. (2019). The Development of Science Comic in Human Digestive System Topic for Junior High School Students. *Journal of Science Learning*, 3(1), 12-18.
- Santos, F. F. (2016). Percepção ambiental dos alunos do ensino profissional técnico do Campus Lagarto do IFS, sobre a Bacia do Rio Piauí. Dissertação (Mestrado em

Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

- Silva, A. F., Ferreira, J. H., & Viera, C. A. (2017). O ensino de Ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. *Revista Exitus*, 7(2), 283-304.
- Smith, D. V., Mulhall, P. J., Hart, C. E., & Gunstone, R. F. (2018). Contemporary Scientists and their Interactions with Non-Scientists: Alternative Companion Stories for School Curricula. *Research in Science Education*. doi:10.1007/s11165-018-9765-0
- Sonter, L. J., Ali, S. H., & Watson, J. E. M. (2018). Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1892). doi:10.1098/rspb.2018.1926
- Surry, D. W., & Baker, F. W. (2015). The co-dependent relationship of technology and communities. *British Journal of Educational Technology*, 47(1), 13–28.
- Takahashi, B., & Tandoc, E. C. (2015). Media sources, credibility, and perceptions of science: Learning about how people learn about science. *Public Understanding of Science*, 25(6), 674–690. doi:10.1177/0963662515574986
- Tatalovic, M. (2009). Science comics as tools for science education and communication: a brief, exploratory study. *Journal of Science Communication*, 8(4), A02.
- Tilly, C. (2007). Unequal Access to Scientific Knowledge. *Journal of Human Development*, 8(2), 245–258. doi:10.1080/14649880701371133
- Timmermann, C. (2013). Sharing in or Benefiting from Scientific Advancement? *Science and Engineering Ethics*, 20(1), 111–133. doi:10.1007/s11948-013-9438-3
- Tintori, A. (2017). As pessoas podem realmente mudar sua opinião sobre os cientistas ?. A. Tintori & R. Palomba, *Ligue a luz na ciência: um guia baseado em pesquisa para quebrar estereótipos populares sobre ciência e cientistas*, 65-88.
- Vasques, M. C. M. Z., Silva, B. B., & Avila, M. A. G. (2020). Construction and validation of a Brazilian educational comic book for pediatric perioperative care. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing*. doi:10.1111/jspn.12320
- Vogt, C. (2012). The spiral of scientific culture and cultural well-being: Brazil and Ibero-America. *Public Understanding of Science*, 21(1), 4–16. doi:10.1177/0963662511420410
- Weil, V. (2002). Making sense of scientists' responsibilities at the interface of science and society. *Science and Engineering Ethics*, 8(2), 223–227. doi:10.1007/s11948-002-0023-4
- Xu, H. (2020) Topic-linked innovation paths in science and technology. *Journal of Informetrics*.



**INSTITUTO
FEDERAL**

Goiano

Campus
Urutaí