

# O Fantástico Mundo NANOMÉTRICO

ORGANIZAÇÃO DE

Lorraine Gabriele Fiuza

Luciano Cardoso Dias

Rafael Welter dos Santos

Tania Toyomi Yominaga



ILUSTRAÇÃO DE

Jhonatan Matheus

@DoisJhols



**Organização:**

Lorraine Gabriele Fiuza  
Luciano Cardoso Dias  
Rafael Welter dos Santos  
Tania Toyomi Tominaga

**Autoria:**

Tania Toyomi Tominaga  
Lorraine Gabriele Fiuza  
Luciano Cardoso Dias  
Rafael Welter dos Santos  
Douglas Grossko  
Paulo José dos Reis  
Andresa da Costa Ribeiro  
Taiana Gabriela Moretti Bonadio  
Ricardo Yoshimitsu Miyahara  
Valdirlei Fernandes Freitas

**Ilustração:**

Jhonatan Matheus Piaceski Rocha

**Diagramação:**

Gabriela Ap. Becker

**Revisão:**

Eduardo Vicentini

**Editora chefe** 2023 by Atena Editora  
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira *Copyright* © Atena Editora  
**Editora executiva** *Copyright* do texto © 2023 Os autores  
Natalia Oliveira *Copyright* da edição © 2023 Atena  
**Assistente editorial** Editora  
Flávia Roberta Barão Direitos para esta edição cedidos à Atena  
**Bibliotecária** Editora pelos autores.  
Janaina Ramos *Open access publication* by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

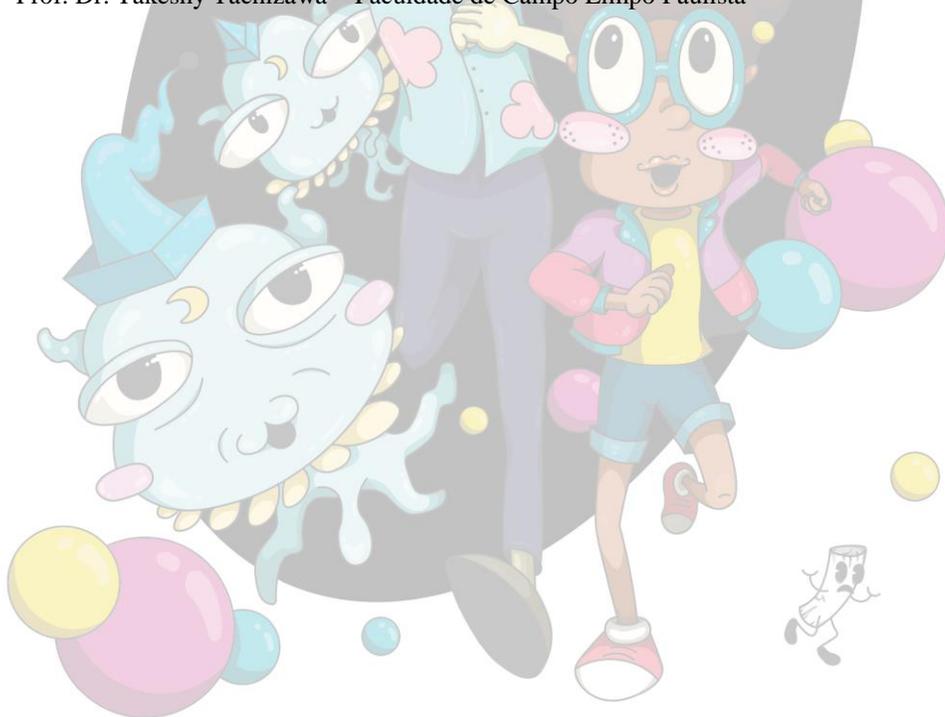
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará

Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Profª Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# O fantástico mundo nanométrico

**Diagramação:** Gabriela Ap. Becker  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Ilustração:** Jhonatan Matheus Piacessi Rocha  
**Revisão:** Eduardo Vicentini  
**Organizadores:** Lorraine Gabriele Fiuza  
Luciano Cardoso Dias  
Rafael Welter dos Santos  
Tania Toyomi Tominaga

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F216 O fantástico mundo nanométrico / Organizadores Lorraine Gabriele Fiuza, Luciano Cardoso Dias, Rafael Welter dos Santos, et al. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Outra organizadora  
Tania Toyomi Tominaga

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-258-1907-5  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.075230111>

1. Nanopartículas. I. Fiuza, Lorraine Gabriele (Organizador). II. Dias, Luciano Cardoso (Organizador). III. Santos, Rafael Welter dos (Organizador). IV. Título.

CDD 620.11

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## Sumário

**02** Expediente

**07** Sumário

**08** Prefácio

**11** A descoberta do fantástico mundo nanométrico.

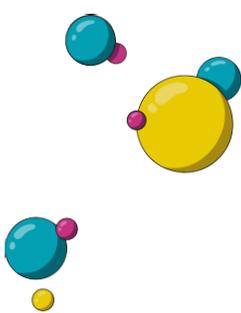
**22** Sofia e Feynman conhecem uma animada gota de café.

**33** A flor de lótus não consegue tomar banho?

**40** Sofia e seus novos amigos: o Sr. Giz e a Sra. Ostra.

**50** Uma noite divertida e o movimento no mundo dos sonhos.

**63** Explorando a ciência com Andy, o camaleão curioso.



**Prefácio**

Este livro narra a história de Sofia e seu amigo Richard Feynman que juntos ao leitor, descobrem, o incrível mundo nanométrico. Nanopartículas? Efeito Lótus? O que estes nomes diferentes têm a ver com nosso dia a dia? Descubra com Sofia e Sr. Feynman!



Quem é Sofia? Sofia é uma menina de 12 anos de idade, curiosa sobre tudo ao seu redor.

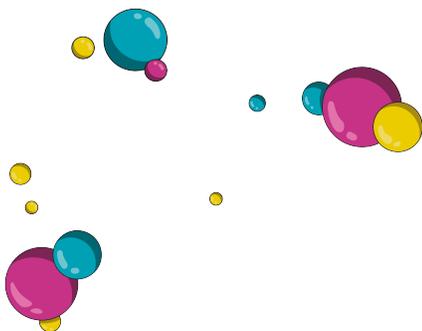
Ela vive com seus pais, e apesar de andar muito com a galera de sua idade, gosta de descobrir muitas coisas. Está sempre pesquisando, perguntando e aprendendo sobre tudo!



Quem é Richard P. Feynman? Um físico teórico, pioneiro em eletrodinâmica quântica e considerado o pai da nanotecnologia. Feynman em uma de suas famosas palestras, trouxe ao público a ideia de controlar componentes eletrônicos em dimensões muito pequenas, ou seja, em escalas nanométricas. Além disso, foi ganhador do prêmio Nobel em Física no ano de 1965.

Claro que aquilo que Feynman previu décadas atrás está, acessível a todos, inclusive no celular/tablet ou no computador em que você está lendo este e-book.

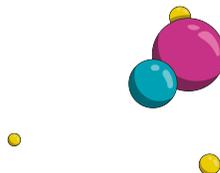


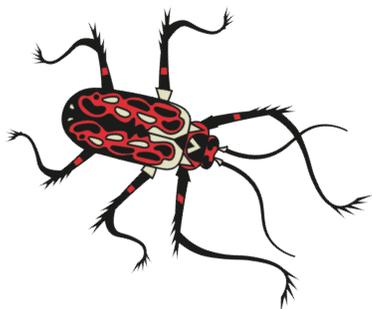


Preparados para conhecer o mundo nanométrico com esses dois? Siga para a próxima página!

O livro “O Fantástico Mundo Nanométrico” foi desenvolvido no ano de 2022, por professores e acadêmicos do Programa de Pós-Graduação em Nonociências e Biociências da Unicentro, com colaboração de alunos e professores de outros departamentos como o de Física e o de Química da mesma instituição.

Todos os textos são de responsabilidade dos autores e não refletem a opinião da Universidade Estadual do Centro-Oeste (Unicentro).





1°  
capítulo

## A DESCOBERTA DO FANTÁSTICO MUNDO NANOMÉTRICO

por: Paulo José dos Reis

Oi gente, eu sou a Sofia, uma menina muito curiosa que adora entender a natureza e como as coisas funcionam. Meus pais ficam até irritados pela quantidade de perguntas que eu faço. Certa vez o meu pai estava passando um desodorante e eu vi a seguinte inscrição no frasco: “Ação Bactericida”. No mesmo momento eu perguntei.

Sofia: Pai, o que é ação bactericida?

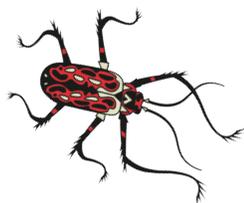
Pai: O desodorante tem componentes que agem eliminando as bactérias que são organismos bem pequenos que produzem o mau cheiro do suor.

Sofia: Mas pai, como isso acontece?

Pai: Nossa, filha. Como você é curiosa! Essa pergunta eu não sei responder, mas eu tenho um grande amigo cientista que talvez saiba responder à sua pergunta. O nome dele é Richard Feynman.

Sofia: Quem é esse seu amigo, pai?

Pai: O Richard era um menino curioso como você, Sofia. Com onze anos de idade ele montou um pequeno laboratório na garagem de sua casa usando um caixote velho e um monte de sucata. Quando criança, nem sempre seus experimentos funcionavam, mas seu interesse pela ciência fez com que ele estudasse física, tornando-se um dos maiores físicos da história. Inclusive, ele recebeu o maior prêmio que um cientista pode receber, o prêmio Nobel de Física.



Richard já está aposentado e, como meu amigo, acredito que ele irá esclarecer sua dúvida. Vou fazer uma chamada de vídeo para que ele possa explicar a tal “Ação Bactericida”.

Pai: Oi amigo Richard, você poderia responder a dúvida da Sofia? Esta menina é muito curiosa.

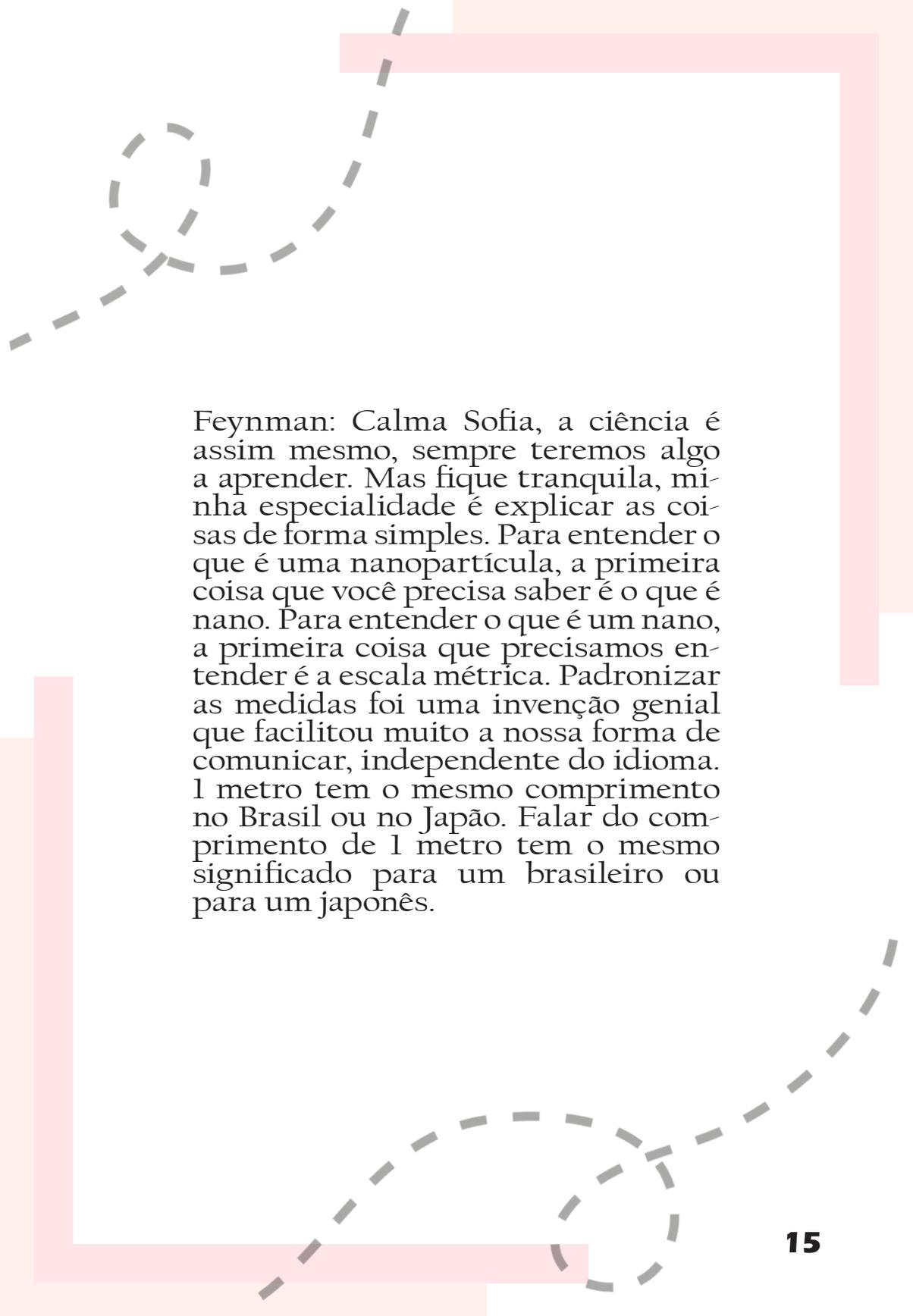


Feynman: Claro meu grande amigo! Responderei com o maior prazer! Fico feliz que a Sofia seja uma menina curiosa como eu era quando criança. A curiosidade é o principal elemento para a construção de um grande cientista!

Sofia: Sr. Feynman, afinal de contas o que é a ação bactericida dos desodorantes?

Feynman: No desodorante existem nanopartículas de prata que são tóxicas para as bactérias que se alimentam no nosso suor.

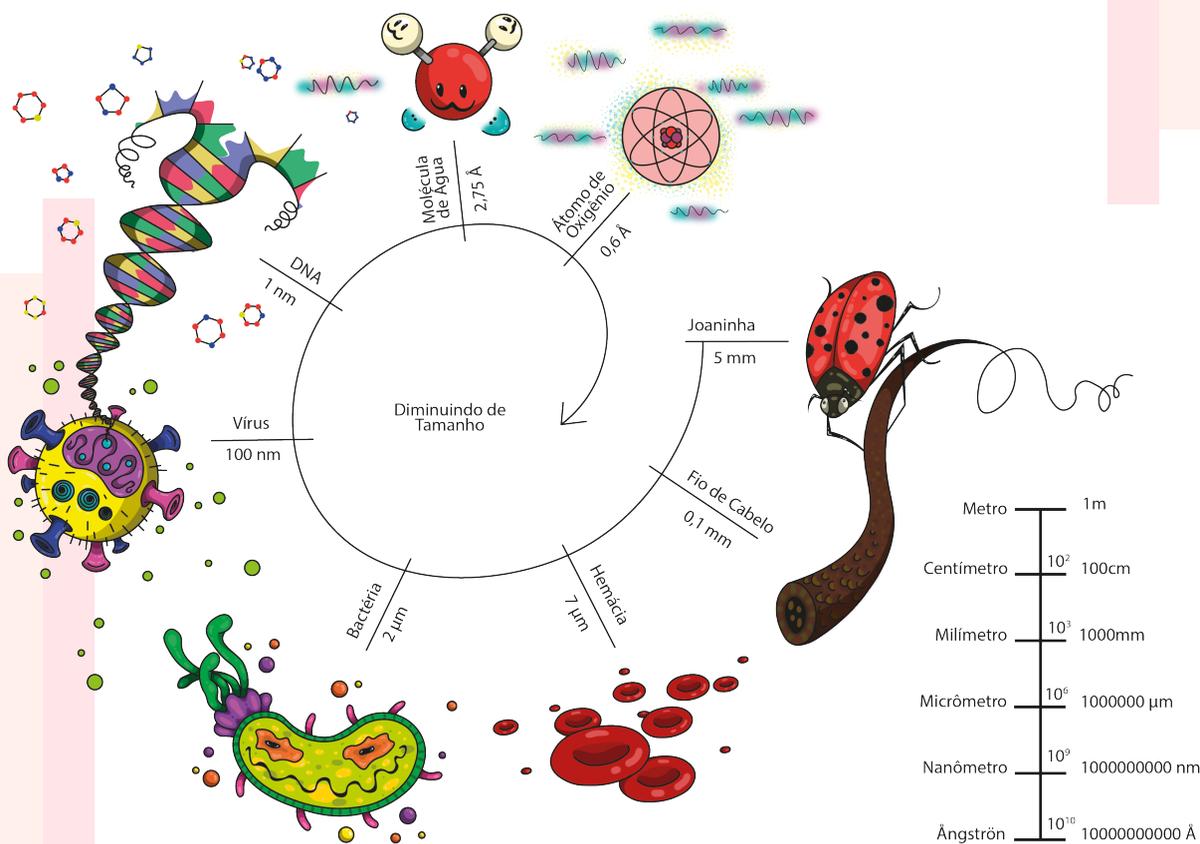
Sofia: Nanopartículas? Parece que a cada explicação as coisas ficam mais difíceis de entender.

The page features decorative elements including a dashed grey line that starts in the top left, curves around, and ends in the bottom right. There are also thick pink borders: one at the top right, one at the bottom left, and one at the bottom right. The text is centered in the white space.

Feynman: Calma Sofia, a ciência é assim mesmo, sempre teremos algo a aprender. Mas fique tranquila, minha especialidade é explicar as coisas de forma simples. Para entender o que é uma nanopartícula, a primeira coisa que você precisa saber é o que é nano. Para entender o que é um nano, a primeira coisa que precisamos entender é a escala métrica. Padronizar as medidas foi uma invenção genial que facilitou muito a nossa forma de comunicar, independente do idioma. 1 metro tem o mesmo comprimento no Brasil ou no Japão. Falar do comprimento de 1 metro tem o mesmo significado para um brasileiro ou para um japonês.

Sofia: Isso eu entendi Sr. Feynman, mas o que é nano?

Feynman: Calma Sofia, eu sei que a curiosidade é algo que nos consome, já chegaremos ao nano. Seu pai tem uma régua com o comprimento de 1 metro?



Sofia: Sim, Sr. Feynman, já vou ali pegar!

Feynman: Bem, agora que você está com a régua na mão, eu preciso que você exercite sua imaginação e eu sei que você é muito habilidosa com isso. Imagine que você possui uma faca mágica e que você pode fatiar essa régua em 1 bilhão de pedaços iguais. Aqui temos um problema 1 bilhão é um número muito grande é o número 1 seguido de 9 zeros.

Feynman: Sofia, você acha que existem muitas estrelas no céu?

Sofia: Sim Sr. Feynman, eu nem consigo contar. Temos 1 bilhão de estrelas no céu?

Feynman: Temos muitas estrelas no céu, Sofia. Porém, as que vemos nas noites escuras sem lua são em torno de 9 mil estrelas. Se multiplicássemos as estrelas do céu em 100 mil vezes, ainda não teríamos 1 bilhão de estrelas. Teríamos 900 milhões de estrelas. Faltariam 100 milhões de estrelas para completar 1 bilhão. Então Sofia, agora eu preciso da sua ajuda, pegue a sua faca mágica e corte a régua em 1 bilhão de pedaços. Vamos fazer o seguinte, como você é uma menina muito habilidosa, você é capaz de cortar um pedaço a cada 1 segundo. Se você passar 12 dias trabalhando sem parar para comer, dormir, beber água ou ir ao banheiro, você vai conseguir cortar a régua em 1 milhão de pedaços. Seria necessário trabalhar por 32 anos, cortando a régua, um pedaço a cada segundo, para cortá-la em 1 bilhão de pedaços.



Sofia: Entendi Sr. Feynman, se eu corto um número muito grande de pedaços, cada pedaço se torna cada vez menor. Então, uma nanopartícula é algo muito pequeno mesmo!

Feynman: Isso mesmo Sofia, você com certeza é uma menina muito inteligente. Pense agora em uma molécula esférica que mede de um lado até outro 1 nanômetro, mesmo comprimento do menor pedaço da sua régua fatiada. Seria necessário enfileirar 100 mil moléculas para que ela tenha a mesma espessura de uma folha de papel do seu caderno. Para você ter uma ideia, se enfileirarmos 100 mil bolas de futebol, teríamos uma linha de 22 quilômetros! Veja como um nanometro é extremamente pequeno. A molécula está para a espessura da folha, assim como o tamanho da bola de futebol está para uma distância de 22 km.



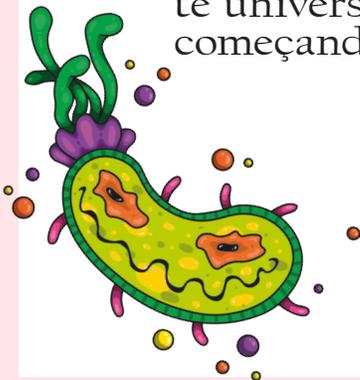
Sofia: Sr. Feynman, agora eu entendi que as nanopartículas são muito pequenas e o quão pequenas elas são. Mas o que isso tem a ver com a “Ação Bactericida”?



Feynman: Agora chegamos a sua dúvida. Os cientistas descobriram que pequenas partículas de prata são capazes de eliminar bactérias causadoras do mau cheiro no nosso suor. Eles tiveram a genial ideia de colocar essas pequenas partículas no desodorante! Desta forma, eliminando as bactérias que causam esse cheiro tão indesejável. O mais legal nisso tudo é que essas partículas não causam nenhum dano aos seres humanos, sendo totalmente seguro o seu uso!

Sofia: Nossa Sr. Feynman, eu não imaginava que os cientistas fossem capazes de fazer essas coisas fantásticas!

Feynman: Sofia, o mundo científico é fascinante e o mundo nanométrico é fantástico! Esse é apenas um pequeno exemplo de quão fantástico é o mundo do nano. A sua jornada neste universo maravilhoso está apenas começando!



2°  
capítulo

## SOFIA E FEYNMAN CONHECEM UMA ANIMADA GOTA DE CAFÉ

por: Andresa da Costa Ribeiro,  
Tania Toyomi Tominaga e Taiana  
Gabriela Moretti Bonadio

Pela janela de seu quarto, Feynman vê que o dia amanheceu, ele levanta-se de sua cama e troca seu pijama pelo seu terno. Depois, segue para a cozinha, onde prepara seu café da manhã, quando, acidentalmente, derruba um pouco de café em sua roupa. Rapidamente ele se levanta, sacode sua roupa e resolve, então, tirar o casaco e a camisa molhados e substituí-los por uma camiseta.

Quando Feynman estava retornando para a cozinha, carregando suas roupas molhadas, ele escuta a campainha tocar. Ao atender a porta, encontra Sofia na soleira da porta.

Feynman: Bom dia Sofia! Tudo bem? O que faz aqui tão cedo?

Sofia: Olá senhor Feynman. Bom dia! Minha mãe pediu para eu lhe trazer este prato de biscoitos, como agradecimento pelo senhor ter me ajudado nos meus estudos.

Feynman: Obrigado! Entre Sofia. Eu estava retornando para a cozinha, para continuar o meu café. Houve um acidente, derramei café em minha roupa, kkkkk.

Sofia observa que Feynman está segurando suas roupas sujas de café. Contudo, ao olhar mais de perto o local onde o café havia caído, Sofia percebeu que a camisa estava completamente molhada, enquanto o casaco estava bem sequinho. Nele, o café formava “bolinhas” que deslizavam pelo tecido do casaco.

Quando Sofia estava prestes a questionar o professor Feynman sobre este fenômeno incomum, uma coisa inesperada acontece, Sofia e o professor começam a diminuir de tamanho até ficarem do tamanho de uma gota de café! Espantados, Sofia e Feynman observam que encolheram e que se encontravam em cima do casaco do professor. Então, próximo a eles, uma gota de café com uma voz animada falou:

Cafelina: Olá! Quem são vocês?

Feynman: Olá! Eu me chamo Feynman e esta é Sofia. E você, quem é? Você é uma gota de café? Como se chama?

Cafelina: Sim, sou uma gota de café. Eu me chamo Cafelina! Vocês gostariam de brincar comigo neste escorregador?



Sem dar tempo para a resposta, Cafelina volta sorrindo a escorregar pelo tecido do casaco. Animada, Sofia corre atrás da gota de café e juntas começam a brincar no gigante escorregador. No meio da brincadeira Sofia exclama:



Sofia: É muito divertida essa sua brincadeira! Mas você tem que me explicar como é possível escorregar tão facilmente no tecido do casaco enquanto no tecido da camisa ao lado isso não é possível?

Feynman: Ah, eu também gostaria de saber! Exclama Feynman.

Cafelina: Pode deixar que eu explico! O tecido deste casaco é chamado de “tecido inteligente”. Isso quer dizer que é um tecido impermeável, ou seja, não absorve água! Por isso que estou aqui escorregando e não estou com medo de ser absorvida pelo tecido!

Sofia: Mas como isso funciona? Estou cada vez mais curiosa!



Cafelina: Kkkk, Calma Sofia! Eu vou explicar! Nos “tecidos inteligentes” são adicionadas partículas muito pequenas, que podem ser de ouro, prata ou outros elementos químicos. Quando essas partículas são adicionadas o tecido fica “inteligente”. Ou seja, eles podem matar bactérias, acabar com o mau odor, liberar perfumes, repelir água, óleo, gorduras, fogo e enfim... podem fazer muitas coisas!

Feynman: Nossa! Nem eu sabia que o meu casaco era fabricado com este “tecido inteligente”.

Sofia: Que coisa incrível! Estou admirada com todas as possibilidades que estas partículas podem produzir nos tecidos!

Feynman: Sim! Elas parecem ser ótimas!

Cafelina: Sim, elas são incríveis! Elas podem produzir vários tipos de vantagens nos tecidos! As nanopartículas de prata, por exemplo, são muito úteis! Ainda mais hoje em dia, né? Por causa do vírus SARS-CoV-2, o qual causa a COVID-19.

Sofia: Sério? Mas o que elas fazem nos tecidos?

Cafelina: Elas conseguem matar vírus e bactérias, Sofia! Você sabia, que uma empresa está utilizando esses “tecidos inteligentes” para criar tecidos antivirais e produzir máscaras e roupas? Nos dias de hoje, né senhor Feynman, esses tecidos são superimportantes e úteis, não é mesmo?

Feynman: Isso mesmo Cafelina! Esses tecidos podem ajudar muito no combate desse vírus, que tem tirado a vida de tantas pessoas e destruído várias famílias.



Cafelina: Além disso, as nanopartículas de prata me disseram que se sentem muito felizes por poderem ajudar! Eu, se pudesse, ajudava também, mas sou apenas uma gota de café, hehehe.

Sofia: Que isso, Cafelina, você é muito mais que isso!



Sofia fica impressionada com as possibilidades que as nanopartículas, quando inseridas na malha dos tecidos, podem proporcionar. Com o desejo de saber mais, ela pergunta para a gota de café:

Sofia: Cafelina, você conhece mais alguma nanopartícula que é usada na confecção de “tecidos inteligentes”?



Cafelina: Deixa-me pensar... Há! Me lembrei de outra família de nanopartículas muito importante! A família Sílica!

Sofia: Qual é a importância delas, Cafelina?

Cafelina: A família Sílica é usada junto com os tecidos de algodão na fabricação de tecidos chamados de “retardantes de chamas”. Estes tecidos são usados para fazer as roupas dos bombeiros. As nanopartículas agem como um protetor das chamas e os bombeiros ficam mais protegidos e com menos risco de se queimarem.

Sofia: Nossa! Eu nem sabia que existiam tecidos assim!

Cafelina: Existem sim! E as aplicabilidades destes tecidos são imensas!

Conforme a conversa prossegue, Feynman se lembra que também tinha ouvido sobre algumas aplicabilidades desta nova tecnologia e resolve compartilhar com as colegas.

Feynman: Pessoal! Eu me lembrei de uma coisa, de outro exemplo onde foi utilizada esta tecnologia. Na Universidade Tecnológica da Geórgia, por exemplo, os cientistas criaram geradores elétricos, feitos de nanofios e depois vestiram ratinhos com jaquetas contendo estes geradores. Imagina o que aconteceu, Sofia?

Sofia: Hummm... Será que... Quando os ratinhos correm eles geram eletricidade, senhor Feynman?



Feynman: Isso mesmo Sofia! Além de curiosa você é muito inteligente!

Sofia: Obrigado senhor Feynman! Estou até imaginando aqui... imagine essa ideia sendo usada para o desenvolvimento de roupas humanas. Se a gente conseguisse produzir eletricidade ao correr, poderíamos carregar nossos aparelhos eletrônicos enquanto fizéssemos exercícios físicos!

Sofia, muito feliz, volta a brincar com sua nova amiga, a Cafelina, no grande escorregador formado pelo tecido do casaco, quando, repentinamente, ela e o Feynman começam a aumentar de tamanho, voltando a seus tamanhos reais. Novamente, na casa de Feynman, Sofia se despede do professor, que agradece pelos biscoitos, e retorna para sua casa muito feliz, lembrando-se de sua grande aventura e de que agora possui uma nova amiga, chamada Cafelina.



3°  
capítulo

## A FLOR DE LÓTUS NÃO CONSEGUE TOMAR BANHO?

por: Lorraine Gabriele Fiuza,  
Luciano Cardoso Dias e Ricardo  
Y. Miyahara

Após se arrumar e terminar seu café, Feynman sai de casa, se despede de seu gato, Quantum, e vai para seu laboratório, mas, de repente, começa a chover! Ao passar pelo lago ele avista uma flor flutuando sobre a água e, na margem do lago, vê a pequena Sofia observando a flor. Feynman então se aproxima de Sofia e pergunta:

Feynman: Por que você está observando a flor de lótus?

Sofia: Que susto!! Bom dia, Sr. Feynman. Então, o que me chamou atenção não foi o fato dela estar flutuando, mas sim por repelir as gotas de chuva. Eu gostaria muito de entender o porquê isso acontece.



Feynman: O que você acha de perguntarmos direto para ela Sofia?

Sofia: Nossa, ótima ideia Sr. Feynman, vamos lá!

Então, Feynman e Sofia resolvem pegar seus guardas-chuvas para ir até lá conversar com a flor, e, tentar descobrir que fenômeno era aquele.

Feynman: Olá dona Flor de Lótus, me chamo Feynman e esta é minha amiga, Sofia! Como podemos chamar a senhora?



A flor de lótus se assusta, pois quase não recebe visitas.

Flor de Lótus: Ai que susto!! Oi Feynman, oi Sofia, eu me chamo Nina. O que lhes traz aqui?

Feynman: Bom Nina, eu estava de passagem e de repente avistei a Sofia, observando a senhora sobre as águas e não pudemos deixar de notar que suas folhas estavam repelindo as gotas de chuva! Gostaríamos muito de saber, como a senhora faz isso?



Nina: Então, senhor Feynman e Sofia, vocês provavelmente já devem ter visto algumas roupas que repelem água ou que não sujam, não é mesmo?

Sofia: Sim senhora, já vi sim!

Nina: Pois então, minhas folhas têm um sistema que se chama “efeito lótus”, que permite que eu fique sempre limpinha e sequinha, semelhante às roupas!

Sofia: Nina, a senhora sabe me explicar melhor como ocorre esse efeito?

Nina: Claro que sei! Já que vocês estão indo para o laboratório, posso acompanhar? Lá podemos utilizar seu microscópio para ver mais de perto as minhas folhas enquanto eu explico para vocês!

Feynman: Claro Nina, vamos lá!

Feynman, Sofia e a flor de lótus Nina vão para o laboratório do cientista. Chegando lá, Feynman coloca Nina em sua bancada bem debaixo do seu microscópio.

Feynman: Com licença Nina, vou me aproximar bem de você para não perder nadinha.

Nina: Fique à vontade, Feynman! Bom, eu tenho uma coisa que se chama hidrofobicidade. Calma senhor! Não é nenhuma doença não! É a forma como minha folha é chamada. Ela é composta por nanoestruturas e como o senhor pode ver, são bem rugosas.

Essas minhas rugosidades servem para que eu possa abraçar várias bolhas de ar que vão impedir a água de entrar em mim.

Sofia: UAAAL, nossa Nina, isso é muito legal!

Nina: Agora senhor Feynman, jogue umas gotinhas de água em cima de mim pra você ver o que acontece!

Feynman corre pegar um conta-gotas e então as aplica em cima de Nina.

Sofia: NOSSA NINA, ISSO É MUITO LEGAL! AS GOTÍCULAS DE ÁGUA ROLAM SOBRE VOCÊ!



Several blue water droplets are scattered across the page, some above and some below the text blocks.

Nina: Legal né? Eu ouvi muito que as roupas impermeáveis usam esse mesmo sistema que as minhas folhas possuem!

A single blue water droplet is positioned to the left of the text block.

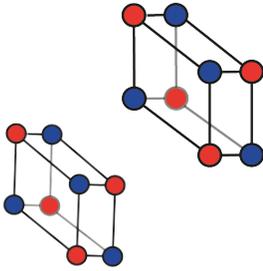
Feynman: Sim Nina, as roupas impermeáveis têm moléculas que agem assim também!

Nina: Agora que o senhor aprendeu como elas funcionam, poderia me levar para minha casa? Essa conversa me deixou muito cansada.

Feynman: Claro que sim dona Nina, muito obrigado por me permitir ver de pertinho suas nanoestruturas.

A single blue water droplet is positioned to the right of the text block.

Então, Feynman e Nina partem em direção ao lago novamente.



#### 4° capítulo

## SOFIA E SEUS NOVOS AMIGOS: O SR. GIZ E A SRA. OSTRÁ

por: Andresa da Costa Ribeiro e  
Douglas Grossko

Sofia acordou tarde naquele dia, era inverno e estava muito frio. Após o almoço, o clima estava melhor e Sofia resolveu passear. Ela era uma menina curiosa e estava entusiasmada em aprender mais sobre ciências, então resolveu visitar o seu amigo, o Sr. Feynman, em seu laboratório na universidade. Chegando lá, Sofia encontrou o Sr. Feynman sozinho. Ele estava em frente ao quadro negro, possivelmente escrevendo sobre suas últimas descobertas. Sorrateiramente, Sofia entra no laboratório e diz:

Sofia: Olá professor! O que o senhor está fazendo?

Assustado o Sr. Feynman se vira e, vendo Sofia no meio da sala, responde:

Feynman: Bom dia Sofia! Não vi você entrar. Estou aqui, fazendo algumas anotações sobre as últimas descobertas do fantástico mundo nanométrico e você, o que faz aqui nesta tarde fria?

Sofia: Estava ansiosa, não consegui ficar em casa. Precisava conversar com meu amigo e contar sobre minhas descobertas sobre o mundo nanométrico.

Feynman: Me dê um minuto Sofia. Deixe-me terminar minhas anotações e então poderemos conversar com calma. Feynman terminava suas anotações no quadro negro, quando, de repente, seu giz quebra e uma coisa inesperada acontece! Uma voz que nenhum dos dois conhecia exclama:

Sr. Giz: Aiiii! Cuidado aí, senhor! Você está me machucando! Eu sou muito sensível.

Assustados, Sofia e Feynman olham para o giz que se encontra na mão do professor. Sofia, já recuperada do susto, curiosa, pergunta:

Sofia: O que, ou quem é você?

Sr. Giz: Eu sou um giz, pode me chamar de Sr. Giz.

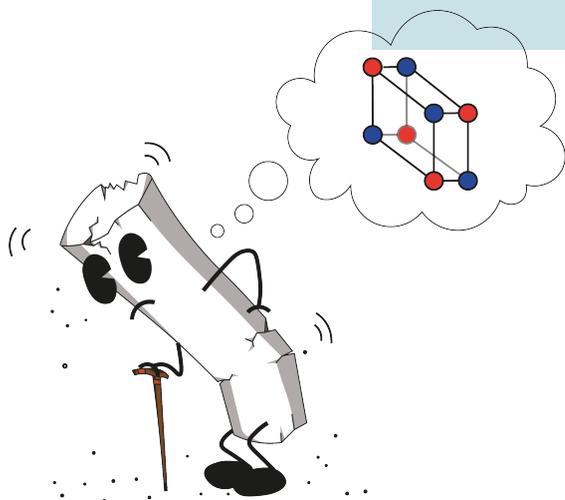


Sofia: Olá Sr. Giz, meu nome é Sofia, prazer em te conhecer.

Feynman: Olá Sr. Giz. Meu nome é Feynman. Desculpe pela minha falta de delicadeza! Além disso, eu não sabia que você era tão frágil!

Sofia: Nós não tínhamos ideia de que você era tão delicado. Por favor, Sr. Giz, nos conte mais sobre esta sua fragilidade.

Sr. Giz: Claro que sou frágil! Vou-lhes contar o porquê. Os gizos, como eu, são formados a partir de uma mistura de gesso, água e calcário. Estes componentes criam estruturas bem pequenas, que recebem o nome de “carbonato de cálcio”.



Estas estruturas são formadas por partículas muito, muito pequenas, que ficam próximas umas das outras de vários jeitos diferentes. E como estas partículas não são assim bem “organizadinhas”, eu sou bem frágil e posso quebrar com muita facilidade.

Sofia: Puxa! Que interessante! Mas qual o tamanho dessas partículas Sr. Giz? Elas são nanométricas? Eu tenho aprendido muita coisa sobre este fantástico mundo.

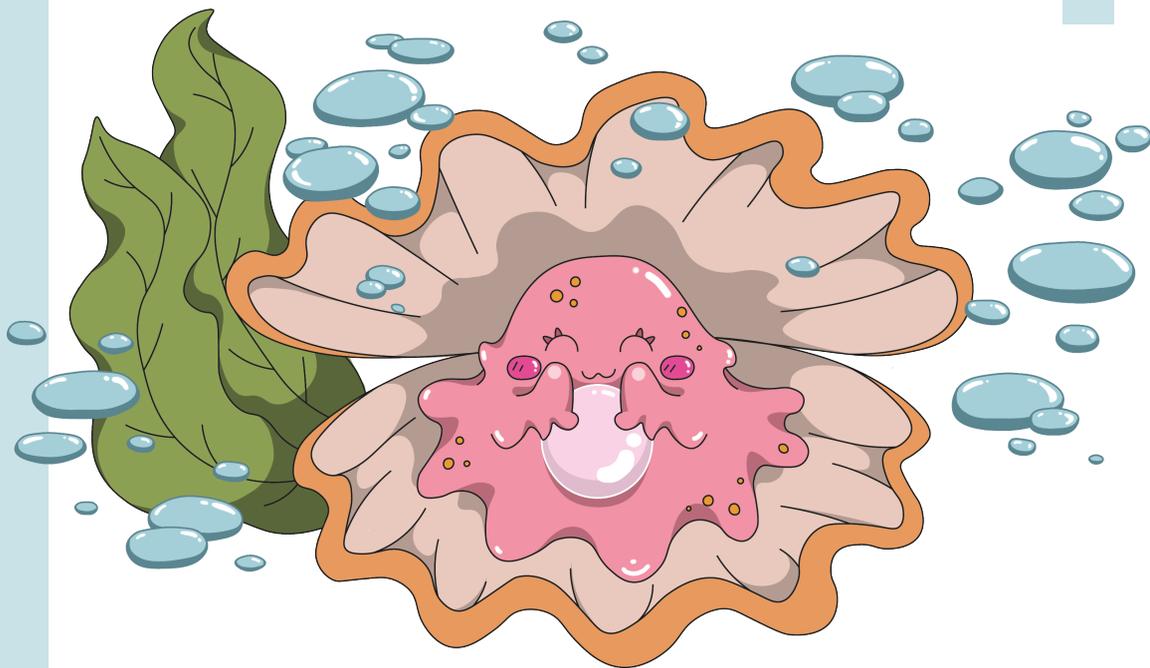
Sr. Giz: Sim, Sofia, elas tem dimensões nanométricas!

Enquanto os três conversam, ao fundo escuta-se uma risada estridente. Ambos se viram, e começam a procurar de onde vem aquela risada.

Então, quando Sofia, Feynman, e o Sr. Giz estão próximos ao aquário que se encontra no laboratório, eles escutam novamente.

Sra. Ostra: Hi hi hi hi hi hi hi Oi! Aqui! Aqui dentro do aquário! Olá, eu sou a Sra. Ostra.

Sofia: Olá, Sra. Ostra. Você nos assustou! Por que está rindo?



Feynman: Boa tarde Sra Ostra! Eu estou me perguntando a mesma coisa. O que é tão engraçado?

Sra. Ostra: Eu estava escutando vocês três conversarem e me ocorreu uma coisa. Minha concha também é formada por estas partículas chamadas de “carbonato de cálcio”. Só que, diferente do Sr. Giz, minha concha tem a função de me proteger e é bem resistente.

Sr. Giz: Uau! Isso é muito interessante. Mas como isso pode ser verdade?

Sofia: Eu também quero saber! Como é possível que a sua concha seja mais resistente do que o corpo do Sr. Giz, quando ambos são feitos do mesmo material?

Sra. Ostra: Eu vou explicar para vocês. Isto acontece porque, as partículas de “carbonato de cálcio”, que compõem a minha concha, ficam todas arrumadas do mesmo jeitinho, bem organizadinhas e coladinhas umas às outras. Isto, acontecendo, em escala nanométrica, faz com que a minha concha seja mais resistente e consiga me proteger. O que não acontece com o Sr. Giz.

Sofia: Novamente temos a nanociência nos surpreendendo!

Sra. Ostra: Sim! A perfeição estrutural em nível nanométrico, torna a minha concha 3 mil vezes mais resistente do que o corpo do Sr. Giz!

Admirado com esta revelação, Sofia inquieta fala:

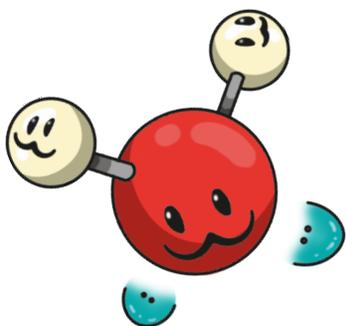


Sofia: Isto é muito interessante! Então, na hipótese, do corpo do Sr. Giz ser construído desta maneira, igual a concha da Sra. Ostra, ele não seria mais tão frágil.

Sr. Giz: Verdade! Seria muito bom, eu me tornaria quase indestrutível.

Feynman: Porém, desta forma eu não conseguiria mais escrever minhas ideias no quatro negro! Hahaha!

Nesta hora, enquanto todos gargalhavam, várias ideias passavam pela cabeça de Sofia. Ela pensava que esta superioridade em nível nanométrico pode ser aplicada para outros materiais. Com todas estas ideias borbulhando na cabeça, ela diz:



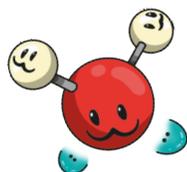
Sofia: Professor Feynman, eu estava aqui pensando. Poderíamos utilizar a nanotecnologia para fabricar materiais muito melhores. Isto é, com a aplicação da nanociência na construção de equipamentos, ferramentas e outros objetos, poderíamos aumentar a resistência e a vida útil destes materiais.

Feynman: Sim Sofia, isso é possível. Vários cientistas, atualmente, estudam essas aplicações, como exemplo, a utilização de nanocompósitos em peças automotivas e aeroespaciais.

Sofia: Nossa, já é tarde, eu tenho que voltar para minha casa. Muito obrigado por compartilhar todo este conhecimento. Tchau!



Feynman, Sr Giz e Sra. Ostra: Tchau Sofia!





5°  
capítulo



## UMA NOITE DIVERTIDA E O MOVIMENTO NO MUNDO DOS SONHOS

por: Andresa da Costa Ribeiro e  
Rafael Welter dos Santos

Após um dia bastante produtivo, aprendendo sobre as características das ostras e do giz, Sofia vai dormir. Ela tem uma noite agitada e cheia de sonhos. Sua curiosidade sobre o mundo da nanotecnologia é cada vez maior. Dormindo, um novo mundo se abre à sua frente... o mundo dos sonhos. Neste mundo, Sofia começa a descobrir um pouco mais sobre o universo das coisas criadas a partir da nanociência. No sonho, Sofia está em um parque que tem um grande gramado e começa a diminuir de tamanho rapidamente, até ficar do tamanho de uma nanopartícula.



Ao chegar no tamanho nanométrico, ela olha ao redor e fica maravilhada com o que vê. No gramado há lindas flores (tão pequenas quanto ela) e várias esferas coloridas com pés e braços. Algumas destas esferas estão segurando espadas e escudos e outras estão se exercitando, como se todas estivessem se preparando para uma grande batalha. Sofia reparou que uma destas partículas era mais velha que as demais e segurava uma espada e um escudo mais vistoso e grande. Talvez ela fosse a chefe, pensou Sofia.

Então, ela resolveu se aproximar desta esfera para perguntar quem eram e entender um pouco mais sobre este novo mundo.

Sofia: Olá senhora! Tudo bem? Eu sou Sofia e sou nova por aqui. Não estou entendendo muito bem o que estou vendo... Sofia olha ao redor, tentando mostrar com o olhar a sua confusão.

Dona Sílvia: Olá Sofia, eu me chamo tenente Silvia Prata sou uma nanopartícula e este é meu exército. Eu me chamo Silvia, em referência ao elemento químico prata, (que em inglês é Silver). Seja bem-vinda ao mundo nano!





Sofia: Olá tenente Silvia, muito obrigada! Como vocês são pequenas!

Dona Sílvia: Apesar de ser pequeninha deste jeito, eu e meu exército somos muito poderosos, Sofia! Nossos antepassados surgiram há muito tempo. Eles eram gigantes em relação ao nosso exército e foram usados de diversas formas. A família Prata foi um dos primeiros metais utilizados em jóias, moedas e até mesmo em utensílios.

Sofia: É verdade que sua família já foi mais preciosa que o ouro?

Dona Sílvia: Sim, pequena criança. Mas com o tempo o ouro acabou tendo valor maior que o da minha família. Mas não se engane, ainda temos várias outras habilidades incríveis! Com a descoberta da nanotecnologia, hoje fazemos parte do cotidiano muito mais do que qualquer um imagina!

Sofia: É sério?

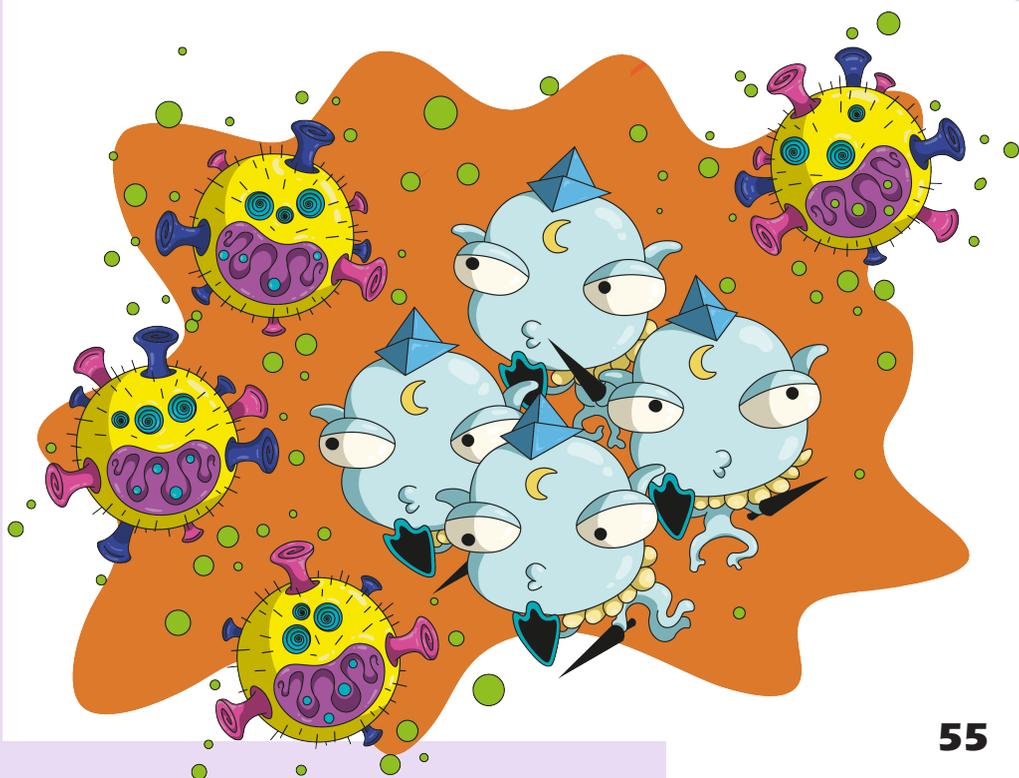
Dona Silvia: É sim, os cientistas que estudam nanociências descobriram que nós, as nanopartículas de Prata, somos agentes antibacterianos, antifúngicos, antivirais. Com isso, podemos nos infiltrar e proteger vocês humanos contra diversas doenças.

Sofia: E como vocês fazem isso?

Dona Sílvia: Vocês, os humanos, nos utilizam em roupas, máscaras de proteção, curativos e temos até mesmo um pelotão de paraquedistas, que trabalham em produtos em spray, travando batalhas no ar! Divertido né?

Sofia: Que incrível o que vocês fazem por nós, tenente Silvia! Eu não fazia ideia do trabalho de vocês. Apesar de serem muito pequenas, o seu exército é realmente muito poderoso! Mas e como isso é possível?

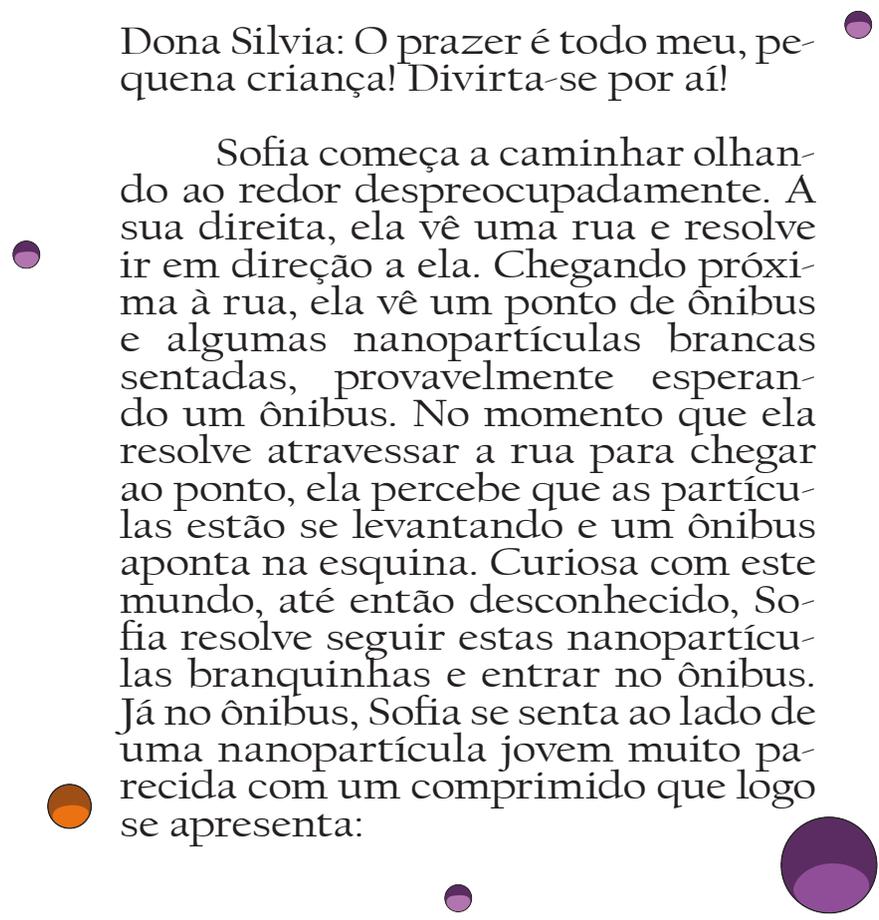
Dona Silvia: Obrigado Sofia, tudo devido à nanotecnologia! Assim como nós, diversos outros materiais possuem propriedades superpoderosas quando são diminuídas para o mundo nano. Alguns deles podem transportar remédios, aumentar a velocidade de eletrônicos e muito mais!



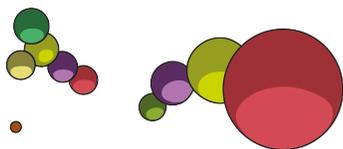


Sofia: Foi um prazer conhecê-la, tenente Silvia, e descobrir um pouco mais sobre este mundo incrível da nanotecnologia. Acho que vou andar um pouquinho mais por aí para ver o que mais eu descubro sobre esse mundo, diz Sofia sorrindo e se despedindo da tenente Silvia.

Dona Silvia: O prazer é todo meu, pequena criança! Divirta-se por aí!



Sofia começa a caminhar olhando ao redor despreocupadamente. A sua direita, ela vê uma rua e resolve ir em direção a ela. Chegando próxima à rua, ela vê um ponto de ônibus e algumas nanopartículas brancas sentadas, provavelmente esperando um ônibus. No momento que ela resolve atravessar a rua para chegar ao ponto, ela percebe que as partículas estão se levantando e um ônibus aponta na esquina. Curiosa com este mundo, até então desconhecido, Sofia resolve seguir estas nanopartículas branquinhas e entrar no ônibus. Já no ônibus, Sofia se senta ao lado de uma nanopartícula jovem muito parecida com um comprimido que logo se apresenta:



Bento Bio: Olá pequena menina! Tudo bem? Me chamo Bento Bio! E você, quem é? Você veio conhecer nosso mundo?

Sofia: Olá Bento! Tudo bem? Eu me chamo Sofia. Isso mesmo! Eu vim conhecer o seu mundo!

Bento: Há! Que legal! Nós somos da família dos fármacos! Deixa-me lhe apresentar a galera aqui do ônibus! Ali à direita vê a Aline Ferris. Aline é da família Ferris, família das nanopartículas magnéticas. O sobrenome dela vem do fato de ser produzida a partir do óxido de ferro. Vocês a conhecem como nanopartículas magnéticas. Você sabe o que isso quer dizer? Que se você aproximar um ímã elas se sentirão muito atraídas por ele.

Sofia: Que legal, Bento! Onde nós podemos usar as Ferris? Você sabe me dizer?



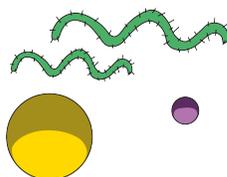


 Bento: Sim, Sofia! A Aline está sendo usada para diagnóstico e tratamento de câncer.

Sofia: Puxa vida! Que legal, Bento! Mas como ela é usada?

Bento: Tem que ver! Seu uso permite a detecção rápida de células cancerígenas malignas em estágios iniciais e também pode controlar o câncer. Bem legal! Já atrás de nós, Sofia, está uma família muito nova de biofármacos. Eles recém chegaram aqui. Eu não sei o nome deles, mas sei que eles serão usados nos cosméticos.

Sofia: Nos cosméticos? E qual será a função deles?





Bento: Olha, Sofia, pelo que eu entendi, eles serão incorporados aos cosméticos e vão carregar ingredientes terapêuticos, sabe... Por exemplo, uma empresa francesa criou, a alguns anos atrás, um nanocosmético com vitamina E. É um creme antissinais que, devido ao fato de ser bem pequeno, consegue entrar na pele das pessoas protegendo-as dos efeitos do tempo.

Sofia: Nossa, Bento! Estou admirada

Bento: Sim! Essas nanopartículas vêm sendo muito estudadas e, por isso, sua família está toda aqui no ônibus. Elas estão sendo investigadas para serem usadas em diferentes cosméticos, tais como: xampus, condicionadores, cremes dentais, hidratantes, desodorantes, sabonetes, maquiagens, perfumes e esmaltes. Te confesso que fico até com um pouco de ciúmes de toda esta utilidade. Hehehe!





Sofia: Não precisa ter ciúmes, Bento! Garanto que você é bem importante também! Hehe

Bento: Modéstia à parte, sou sim, Sofia! Hehehe. Eu estou sendo estudado para ser usado no tratamento da diabetes. Dizem que um medicamento normal, usado no tratamento de diabetes, tem 20 moléculas de átomos. Já eu, devido ao meu tamanho reduzido, posso ter de 2 a 21 mil moléculas. Sou muito bom! Hehe...

Sofia: Me explica mais! Qual a vantagem de ter mais moléculas?

Bento: Ah... eu posso tornar o medicamento muito mais eficaz e rápido. Além disso, posso ser capaz de agir diretamente no alvo, o que minimiza os riscos e efeitos colaterais. Eu também sou bem comunicativo, Sofia!

Sofia: Isso eu percebi, Bento! Hehe.





Bento: Sério! Eu me ligo às proteínas presentes no corpo humano mudando o sistema e depois eu consigo produzir proteínas, enzimas e hormônios biologicamente idênticos ao do paciente! Adoro esta parte! Adoro conversar e me ligar a outros!

Sofia: Nossa! Estou admirada com tanto talento, Bento!

Bento: Este ônibus está cheio de nanotecnologia importante, Sofia!

Sofia: Que legal, Bento! Foi um prazer enorme te conhecer e descobrir um pouco mais sobre este mundo incrível da nanotecnologia! Agora tenho que ir. Tenho a impressão de que tem mais coisas incríveis para eu conhecer por aí...



Neste momento, o ônibus para e Sofia desembarca pronta para novas aventuras. No entanto, ela se vê novamente crescendo, de forma rápida. Quando chega no seu tamanho real, ela abre os olhos despertando e se afastando do sonho.

Já acordada, ela reflete sobre o sonho que teve e pensa o quanto foi divertido e o quanto aprendeu nele. Quais serão as novas aventuras que estão por vir? Só o tempo dirá...



6°  
capítulo

## EXPLORANDO A CIÊNCIA COM ANDY, O CAMALEÃO CURIOSO

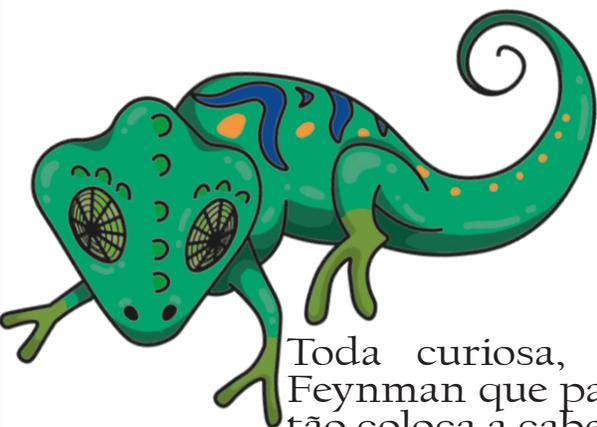
por: Lorraine Gabriele Fiuza,  
Luciano Cardoso Dias e Valdirlei  
Fernandes Freitas

Certa vez, ao fim de mais uma aventura, Sofia e o Sr. Feynman resolvem retornar às suas casas para descansarem. No meio do caminho, Feynman decide alterar seu percurso e apreciar a natureza.

Feynman: Sofia, o que você acha de irmos pela floresta Nancy?

Sofia: Eu acho uma brilhante ideia, senhor Feynman!

Então, a dupla segue para a floresta, mas no meio do caminho eles se deparam com um camaleão cruzando a estrada.



Toda curiosa, Sofia pede ao Sr. Feynman que pare o carro. Sofia então coloca a cabeça para fora, pela janela do carro, e grita:

Sofia: Hey, hey, espere aí meu amigo!

O camaleão então para e resolve olhar para trás. Com muito medo, ele responde:

Andy: Oi, oi, o que você quer de mim?

Feynman: Não precisa ter medo, meu amigo, eu sou Feynman sou um cientista e esta é minha amiga Sofia. Ela ficou muito curiosa quando viu que você mudou de cor ao sair do asfalto e adentrar a floresta. Você teria um tempinho para nos explicar como isso funciona? Ai, desculpe a falta de educação, mas como é seu nome?

Andy: Ufa! Já estava achando que vocês eram do departamento de cobranças, mas isso é assunto para outro dia. Eu me chamo Andy. Bom Sofia, eu posso explicar sim.

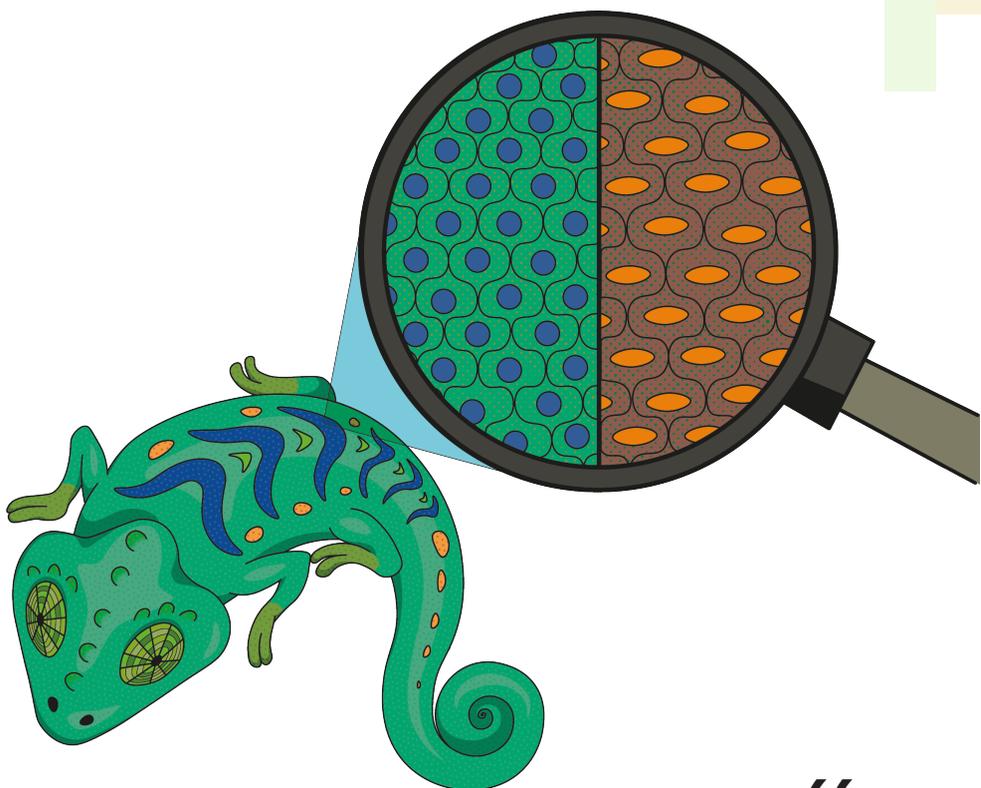
Feynman e Sofia então descem do carro e se sentam ao lado de Andy, pegam seu lanche e ficam atentos a cada palavra do camaleão.

Andy: Há pouco tempo, alguns homens, iguais ao senhor, cientistas, levaram uns amigos meus para alguns estudos. Quando eles devolveram meus amigos para floresta, eles me contaram tudinho o que ouviram lá no laboratório.

Andy: Eles falaram que os responsáveis por nossa mudança de cor são uma tal de Física e os nanomateriais.

Feynman: Andy, a física eu conheço bem, ela é incrível. Termina sua história que depois eu conto as minhas com a física.

Andy: Aí, eles contaram que pegaram diversos aparelhos, para ver a pele deles de pertinho. Descobriram que embaixo dela existem nanocristais que se organizam, formando padrões de cores diferentes.



Feynman: Hummm, já sei, a cor que nós seres humanos vemos, Andy, é a interação da luz com esses nanocristais.

Andy: É isso mesmo senhor Feynman, o senhor é um cientista mesmo, hein?! Ah, eles falaram também que esses nanocristais estão presentes na camada externa da nossa pele.

Feynman: Nossa Andy, que legal, tenho mais conclusões a fazer! Conforme esses cristais se arranjam, acontecem diferentes interações com a luz, que vão deixar sua pele assim, linda e colorida!

Sofia sempre atenta ao diálogo dos dois!

Andy: Senhor Feynman, o senhor está correto.

Feynman: Muito obrigado Andy, por compartilhar sua história comigo e com a Sofia. Quer ouvir algumas outras sobre a Física?

Andy: Claro senhor Feynman, eu adoraria.

Assim, Feynman, Sofia e Andy passam o dia ali, sentados falando sobre ciências, encantados com o fantástico mundo nanométrico.





## Sobre os autores

### **Douglas Grossko**

Graduado em Ciências Biológicas e Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Nanociências e Biociências pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).

### **Lorraine Gabriele Fiuza de Jesus**

Graduada em Física-Licenciatura pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) e Mestranda em Física Biomolecular pelo Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP).

### **Luciano Cardoso Dias**

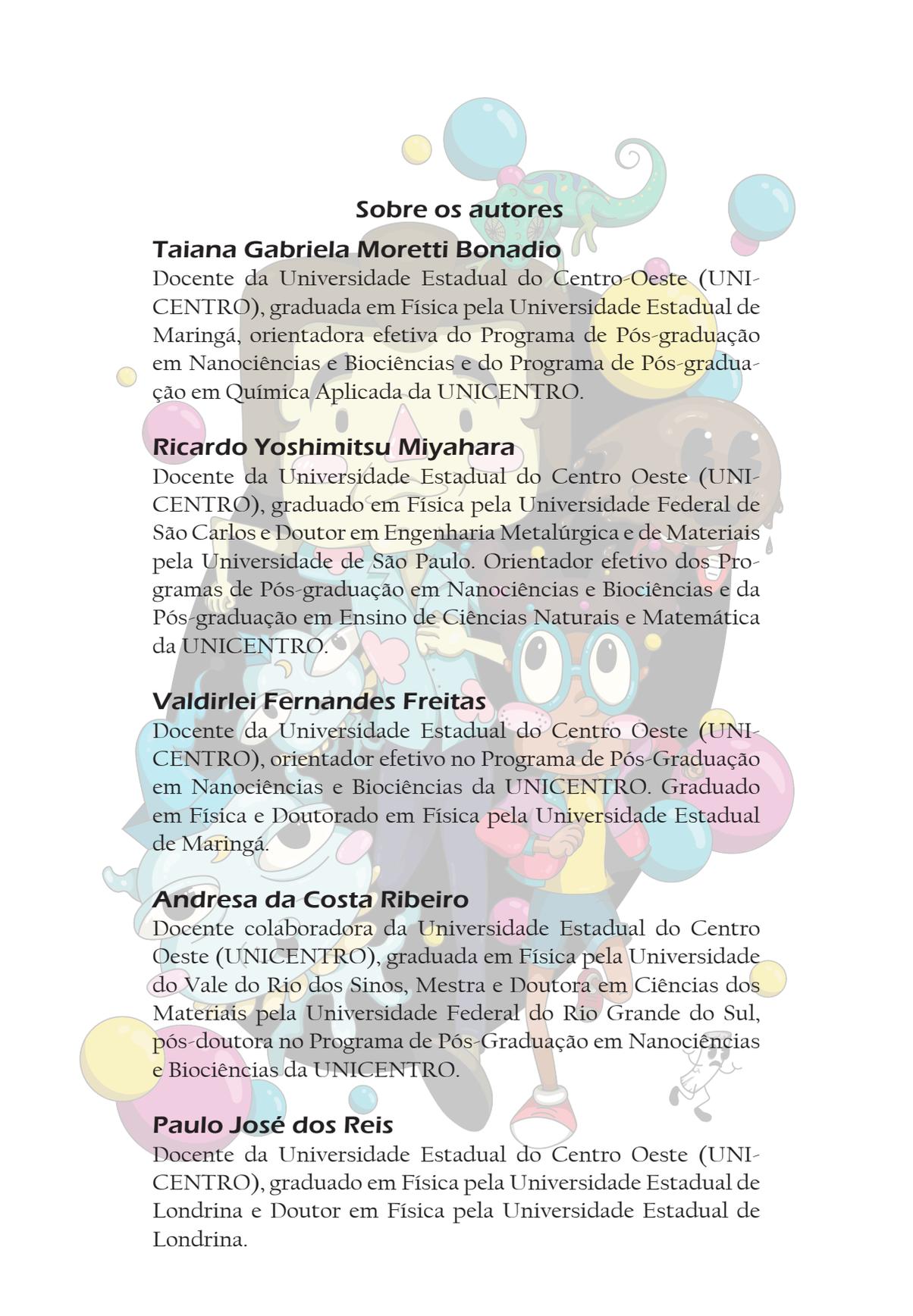
Graduado em Física-Licenciatura pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Mestre em Ciência pelo Programa de Pós-graduação em Nanociências e Biociências pela UNICENTRO e Doutorando em Física pela Universidade Federal do Paraná.

### **Rafael Welter dos Santos**

Graduado em Matemática-Licenciatura pela UniGuairacá, graduado em Física-Licenciatura pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) e Mestre em Ciência pelo Programa de Pós-graduação em Nanociências e Biociências da UNICENTRO.

### **Tania Toyomi Tominaga**

Docente da Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO) orientadora efetiva no Programa de Pós-graduação em Nanociências e Biociências da UNICENTRO. Graduada em Física e Mestre em Física pelo Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP) e Doutora em Química pela USP.



## Sobre os autores

### **Taiana Gabriela Moretti Bonadio**

Docente da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), graduada em Física pela Universidade Estadual de Maringá, orientadora efetiva do Programa de Pós-graduação em Nanociências e Biociências e do Programa de Pós-graduação em Química Aplicada da UNICENTRO.

### **Ricardo Yoshimitsu Miyahara**

Docente da Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), graduado em Física pela Universidade Federal de São Carlos e Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Universidade de São Paulo. Orientador efetivo dos Programas de Pós-graduação em Nanociências e Biociências e da Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da UNICENTRO.

### **Valdirlei Fernandes Freitas**

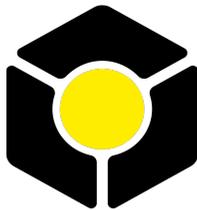
Docente da Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), orientador efetivo no Programa de Pós-Graduação em Nanociências e Biociências da UNICENTRO. Graduado em Física e Doutorado em Física pela Universidade Estadual de Maringá.

### **Andresa da Costa Ribeiro**

Docente colaboradora da Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), graduada em Física pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Mestre e Doutora em Ciências dos Materiais pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pós-doutora no Programa de Pós-Graduação em Nanociências e Biociências da UNICENTRO.

### **Paulo José dos Reis**

Docente da Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO), graduado em Física pela Universidade Estadual de Londrina e Doutor em Física pela Universidade Estadual de Londrina.



**UNICENTRO**  
**PARANÁ**