

ENTRE MATEMÁTICA E NEURÔNIOS

UMA JORNADA DE DESCOBERTA



LEILIANE VIEIRA DE LIMA CHAGAS
KARLY BARBOSA ALVARENGA

Atena
Editora
Ano 2025

Editora chefe	2025 by Atena Editora
Prof ^a Dr ^a Antonella Carvalho de Oliveira	Copyright © Atena Editora
Editora executiva	Copyright do texto © 2025 O autor
Natalia Oliveira	Copyright da edição © 2025 Atena
Assistente editorial	Editora
Flávia Barão	Direitos para esta edição cedidos à Atena
Bibliotecária	Editora pelo autor.
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 da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao autor, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Os manuscritos nacionais foram previamente submetidos à avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial desta editora, enquanto os manuscritos internacionais foram avaliados por pares externos. Ambos foram aprovados para 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 Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof^a Dr^a Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^a Dr^a Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará

Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa

Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará

Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Entre matemática e neurônios: uma jornada de descoberta

Autoras: Leiliane Vieira de Lima Chagas
Karly Barbosa Alvarenga

Revisão: As autoras

Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C433 Chagas, Leiliane Vieira de Lima
Entre matemática e neurônios: uma jornada de
descoberta / Leiliane Vieira de Lima Chagas, Karly
Barbosa Alvarenga. – Ponta Grossa - PR: Atena,
2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-3317-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.170252304>

1. Matemática - Estudo e ensino. I. Chagas, Leiliane
Vieira de Lima. II. Alvarenga, Karly Barbosa. III. Título.

CDD 510.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Para fins desta declaração, o termo 'autor' será utilizado de forma neutra, sem distinção de gênero ou número, salvo indicação em contrário. Da mesma forma, o termo 'obra' refere-se a qualquer versão ou formato da criação literária, incluindo, mas não se limitando a artigos, e-books, conteúdos on-line, acesso aberto, impressos e/ou comercializados, independentemente do número de títulos ou volumes. O autor desta obra: 1. Atesta não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação à obra publicada; 2. Declara que participou ativamente da elaboração da obra, 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 da obra para submissão; 3. Certifica que a obra publicada está completamente isenta de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirma a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autoriza 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 da obra publicada, 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. A editora pode disponibilizar a obra em seu site ou aplicativo, e o autor também pode fazê-lo por seus próprios meios. Este direito se aplica apenas nos casos em que a obra não estiver sendo comercializada por meio de livrarias, distribuidores ou plataformas parceiras. Quando a obra for comercializada, o repasse dos direitos autorais ao autor será de 30% do valor da capa de cada exemplar vendido; 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. Em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), a editora não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como quaisquer outros dados dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Esta narrativa foi elaborada como fruto da dissertação da pesquisa de mestrado no Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT), da Universidade Federal de Goiás (UFG). Sob o título “Diálogos entre as neurociências cognitivas e a matemática: uma revisão sistemática da literatura”, a pesquisa teve como intento responder à seguinte questão: Quais as possíveis contribuições dos estudos selecionados para o ensino e a aprendizagem de matemática?

Desse modo, esta narrativa apresenta uma linguagem acessível indicada para professores e estudantes. Seu objetivo é apresentar alguns conceitos de neurociências cognitivas e demonstrar a importância destes para o desenvolvimento de habilidades matemáticas. A escolha por uma linguagem narrativa, sem abrir mão do rigor acadêmico, deve-se à sua capacidade de nos transportar para a perspectiva dos personagens, permitindo vivenciar suas experiências e aprendizados.

Cada personagem oferece uma perspectiva única sobre o aprendizado. Agnesi, com sua curiosidade e paixão pela matemática, representa a força do interesse genuíno como facilitador dos processos cognitivos. Artur, por outro lado, traz à tona as dificuldades comuns que muitos alunos enfrentam, permitindo, ao leitor, entender como superar barreiras pode contribuir para o fortalecimento das habilidades cognitivas. Hipátia, curiosa e perspicaz, ajuda a contextualizar os conceitos, trazendo perguntas que nos levam a refletir sobre o papel do professor e sobre a importância da neuroplasticidade. A professora Nalini reflete o equilíbrio entre conhecimento técnico e empatia, permitindo que ela compreenda as dificuldades de seus alunos e ofereça apoio personalizado. Sua maneira de ensinar é marcada por uma paixão contagiante, o que lhe permite identificar os diferentes ritmos de aprendizagem de seus alunos e adaptar suas abordagens de ensino para que cada um se sinta acolhido e motivado a aprender.

Diante disso, convidamos o leitor a mergulhar neste universo fictício e a se encantar com as aventuras e descobertas vivenciadas pela professora Nalini e pelos estudantes Agnesi, Artur e Hipátia.

As ilustrações são de Rafaela Amaya Barbosa. O Design Gráfico de Renato William Neves Alquimim.

PERSONAGENS



AGNESI é uma menina que tem paixão pela matemática. A escolha de seu nome é uma homenagem à italiana Maria Gaetana Agnesi (1718-1799), considerada a primeira matemática do Ocidente. Maria Gaetana Agnesi era filha de Pietro Agnesi e Anna Fortunata Agnesi, ambos de famílias ricas de mercadores. Pietro adquiriu o título de nobre e era professor de matemática na Universidade de Bolonha. Por este motivo Agnesi teve a oportunidade de ter uma educação

privilegiada, o que possibilitou que adquirisse conhecimentos aprofundados em diversas áreas, algo incomum para as mulheres de sua época. Aos nove anos de idade publicou um discurso em latim defendendo ensino de alta qualidade para as mulheres. Aos 13 anos, além do italiano e do latim, sabia cinco outras línguas: grego, hebreu, francês, espanhol e alemão. Agnesi ficou conhecida pela "curva de Agnesi". No final de sua vida se dedicou ao estudo da teologia e a atividades de caridade. Faleceu em 9 de janeiro de 1799.



ARTUR é irmão mais velho de Agnesi, porém, não compartilha com sua irmã a paixão pela matemática. Seu nome é uma homenagem a Artur Ávila, o primeiro brasileiro e sul-americano a receber a medalha Fields, em 2014, dada a cada quatro anos pela União Internacional de Matemática (IMU) para pesquisadores com até 40 anos. Aos 16 anos Artur Ávila ganhou medalha de ouro na Olimpíada Internacional de Matemática; aos 18 concluiu o mestrado no Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (IMPA) sem ter feito faculdade e aos 21 anos concluiu seu doutoramento, também no IMPA. Aos 29 anos tornou-se o profissional mais jovem a assumir a direção de pesquisa no conceituado Centro Nacional de Pesquisas de Paris. Atualmente, como especialista em sistemas dinâmicos, Artur divide seu tempo entre o IMPA e a Universidade de Zurique (Suíça), onde atua como pesquisador titular.



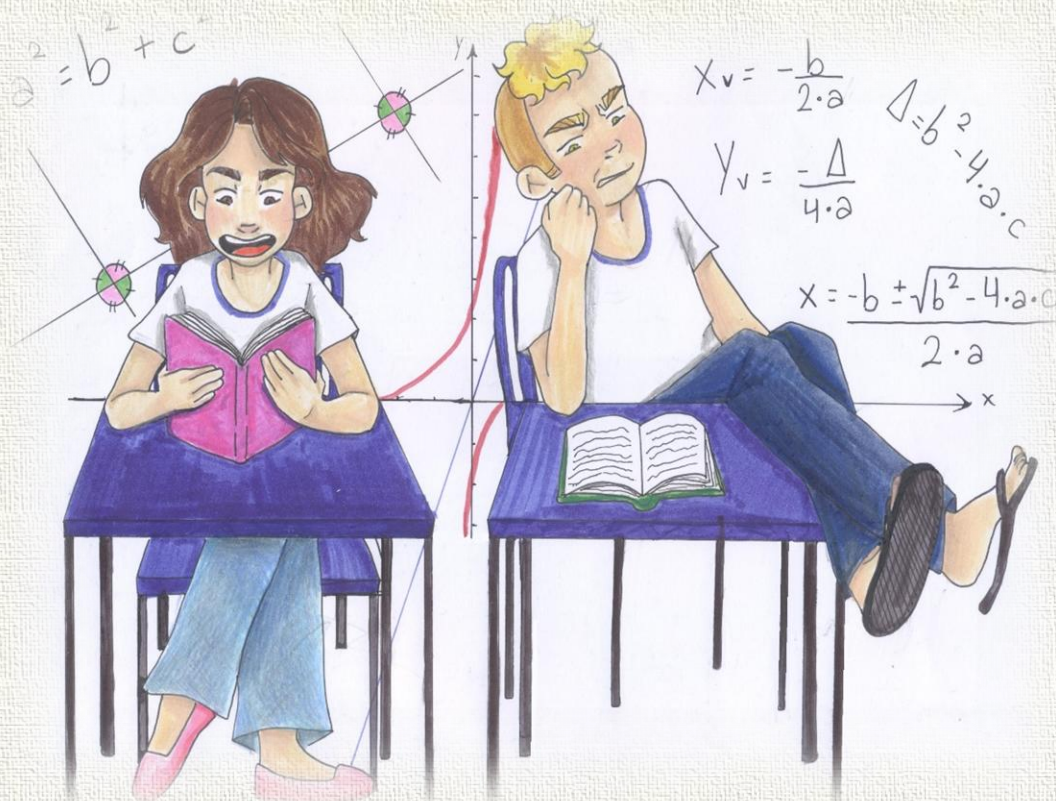
HIPÁTIA é colega de turma dos irmãos Agnesi e Artur. Seu nome homenageia Hipátia de Alexandria (370-415), considerada a primeira mulher matemática da história. Nascida em Alexandria, no Egito, e filha do matemático, filósofo e astrônomo Theon, Hipátia foi uma mulher à frente de seu tempo. Educada na escola neoplatônica, suas contribuições para a comunidade científica incluem manuscritos sobre as obras "A aritmética de Diofanto" e os "Elementos de Euclides", também reescreveu um tratado sobre a "As cônicas" de Apolônio. Por suas habilidades se tornou professora

de matemática, tendo, como alunos, aristocratas pagãos e cristãos; foi conselheira do prefeito do Império Romano do Oriente. Pela defesa do paganismo pagou com sua vida, sendo brutalmente assassinada.



NALINI é professora de matemática. Seu nome é uma homenagem à Nalini Florence Anantharaman (1976-), uma matemática francesa de origem indiana, filha de dois professores matemáticos da Universidade de Orléans (França). Ganhadora de vários prêmios – como o Prêmio Salem, em 2010; o Prix Jacques Herbrand, em 2011; e o Prêmio Henri Poincaré de Física Matemática, em 2012 –, Nalini pesquisa as aplicações da teoria de sistemas dinâmicos à teoria espectral de operadores de Schrodinger.

Agnesi e Artur, irmãos com apenas um ano de diferença, compartilhavam muitas coisas, mas o amor pelos estudos não era uma delas. Agnesi, aos 13 anos, era uma estudante dedicada, sempre com um livro nas mãos e uma curiosidade insaciável, especialmente pela matemática. Já Artur, com 14, via a matemática como um pesadelo constante. Enquanto Agnesi se deslumbrava com equações e figuras geométricas, Artur mal conseguia esconder sua aversão às aulas, o que acabou resultando em sua reprovação na escola.



Apesar das diferenças, os dois passavam bastante tempo juntos, especialmente quando os pais estavam ocupados. Agnesi, mesmo sendo mais nova, muitas vezes tentava ajudar o irmão com as lições, mas suas tentativas de explicar matemática eram recebidas com olhares frustrados e respostas curtas. Para Artur a matemática era um enigma sem solução, algo que ele simplesmente não conseguia entender, por mais que tentasse. Hoje ambos cursam a mesma série escolar e a

expectativa de Agnesi é que consiga despertar em Artur algum interesse pela matemática.

Em um belo dia Agnesi acordou superanimada.



Agnesi: Acorda, Artur! Vamos, levanta! Temos que nos arrumar para ir à escola!

Artur: (resmungando) Ugh, Agnesi... Por que tanta animação para ir à escola?

Agnesi: Vamos Artur, sem preguiça.

Artur: Se fosse uma viagem eu até entenderia, mas, escola?!

Agnesi: Vamos logo! Hoje tem aula de matemática e eu não quero chegar atrasada!

Artur: Eu detesto aula de matemática. Acho que vou faltar à aula hoje.

Agnesi: Artur, você sabe que a mamãe não nos deixa faltar a aula à toa. Vamos logo antes que ela fique brava com você. Se não for à escola, como vai aprender? Você quer reprovar de ano de novo??

Artur: Tá bom Agnesi.

No caminho para a escola Agnesi segue cantarolando saltitante...

Artur: (com os braços cruzados) Sério, Agnesi, você é a única pessoa que eu conheço que fica empolgada com uma aula de matemática.

Agnesi: Matemática é incrível, Artur! Cada problema é como um quebra-cabeça esperando para ser resolvido. Olhe à nossa volta, a matemática está em tudo. Ela é a rainha de todas as ciências, isso não é emocionante?

Artur: Se você diz... Para mim, parece mais um monte de números confusos e regras chatas.

Agnesi: Não são só números Artur, pense nas construções geométricas! Cada figura que desenhemos, cada ângulo que medimos, tudo faz parte de uma lógica fascinante. Quando você traça uma reta ou deseja um círculo perfeito, está seguindo um conjunto de regras que governam o universo. Essas regras nos ajudam a entender o mundo à nossa volta. Por exemplo, quando você vê uma ponte, já parou para pensar em como os engenheiros desenvolveram uma estrutura geométrica para garantir que ela seja segura e estável? Cada ângulo, cada linha, tudo foi calculado com bastante exatidão. A natureza foi feita sob padrões matemáticos.



Artur: Tá, então me explica para quê envolver letras com números? Não vejo nenhuma letra andando pela rua. Quando tem só números é até tranquilo, mas quando envolve letras, não vejo sentido algum.



Agnesi: Artur, não podemos ser tão literais assim. As letras representam os números, elas compõem uma parte da matemática que chamamos de álgebra. É como se fosse uma irmã da geometria, assim como nós dois, sabe? Imagine que a álgebra

é como um jogo de quebra-cabeça, mas em vez de peças, você tem números e letras. Essas letras são usadas para representar coisas que a gente não sabe, mas que queremos descobrir. Por exemplo, se você tem um número secreto e eu digo que ele mais 5 dá 12, você pode usar da álgebra para descobrir qual é esse número secreto. Você pode dizer $x + 5 = 12$. Em resumo, a geometria nos mostra o que vemos e a álgebra nos ajuda a entender o que não vemos. Assim, a matemática é como ter uma caixa de ferramentas completa para explorar o mundo.

Está vendo como a matemática é legal, nem vimos o caminho passar e já chegamos à escola. Você vai ver a aula de hoje será excepcional!



¹ **Maria Laura Mouzinho Leite Lopes (1919-2013)** foi a primeira mulher doutora em Ciências Matemáticas do Brasil (em 1949) e membro da Academia Brasileira de Ciências. Também foi a primeira mulher a ministrar aulas de geometria para o curso de Engenharia do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA). Participou da criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA). Morreu em 20 de Junho de 2013, no Rio de Janeiro (Biografias, c2024).

Professora Nalini: Bom dia turma!

Agnesi: Bom dia professora! O que vamos aprender hoje? Algum conceito novo de geometria ou uma nova fórmula matemática para realizar cálculos? Estou ansiosa pela aula de hoje!

Professora Nalini: (sorridente) Hoje será um tanto que diferente Agnesi. Em nossa aula de hoje vamos compreender um pouco mais sobre nosso cérebro e como ele funciona.

Agnesi: Como assim professora? O que isso tem a ver com a matemática?

Artur: Capaz que vamos contar os pedacinhos do cérebro.

Professora Nalini: Calma gente. Vou explicar. Antes de pensar em matemática é interessante que saibamos como nosso corpo reage quando aprendemos algo novo, ou seja, como se dá o processo de aprendizagem dentro do nosso cérebro. Se sabemos isso, é possível que abandonemos práticas que criam barreiras para nossa aprendizagem e passemos a adotar mecanismos que nos ajudarão a aprender de maneira mais fácil.

Agnesi: Hum, isso parece ser legal!

Professora Nalini: É legal por demais!

Artur: Sei não professora. Tem pessoas que são superinteligentes, outras, como eu, são imensamente "burras", e é assim mesmo, temos que nos conformar que não vamos aprender nunca.

Professora Nalini: Não é assim Artur, todos têm condições iguais de aprender.

Hipátia: Acho que o Artur está certo professora. Ainda mais quando se fala de matemática. Tem pessoas que nascem com um dom especial, olha só a Agnesi, ela sabe tudo de matemática. Nós, meros mortais, se quisermos aprender um pouquinho, temos que estudar e muito!!

Artur: Eu nem estudando aprendo! Não viram no ano passado, que reprovei em matemática? E eu estudei muito, não adiantou nada!

Professora Nalini: Calma meninos, isso não passa de inverdades que foram alimentadas por muitos e muitos anos.

Hipátia: É estranho o Artur ser assim, não acha professora? Ele é homem e é ruim em matemática. Homens são sempre mais



inteligentes. O cérebro deles é mais preparado para trabalhar com a matemática.

Professora Nalini: Não, Hipátia, isso não é verdade, esse é mais um dos mitos que envolvem a matemática. Hoje as neurociências cognitivas têm condições suficientes para afirmar que não existe privilégio matemático para ninguém, todos nós somos igualmente capazes de aprender matemática nos mais elevados níveis.

Agnesi: Neurociências cognitivas?

Professora Nalini: Sim. As neurociências cognitivas formam um campo de estudo interdisciplinar que estuda como o nosso cérebro funciona quando pensamos, aprendemos e lembramos das coisas. Por exemplo, quando você estuda matemática diferentes partes do seu cérebro estão trabalhando juntas para que você consiga entender conceitos e resolver as questões. Os cientistas dessa área, os neurocientistas, estudam como essas partes do cérebro interagem e o que acontece dentro da sua cabeça enquanto você está aprendendo.

Artur: Hum, já estou gostando. Até agora não fizemos nenhuma conta.

Professora Nalini: Vejam bem, o nosso cérebro é o órgão responsável pela aprendizagem. As informações que captamos pela visão, pela audição e pelo tato são processadas e analisadas por ele. Ele funciona como uma grande máquina, composta por diversas partes que também são compostas por subpartes, que mais uma vez são compostas por subpartes até chegar nos elementos mais básicos, os neurônios.

Hipátia: Mas, o que são neurônios?

Professora Nalini: Os neurônios são células especiais do nosso corpo, responsáveis por transmitir informações, como se fosse um mensageiro sabe? Por exemplo, imagine que o cérebro é como a internet, uma grande rede de comunicação. Os neurônios são como os fios ou cabos que conectam tudo nessa rede.

Agnesi: Que legal professora! Então, neurônios são como formiguinhas que trabalham em prol de manter tudo funcionando direitinho, né?

Professora Nalini: Isso mesmo, Agnesi! Cada formiguinha (ou neurônio) tem sua tarefa específica, carregando mensagens de um lado para o outro, para garantir que o corpo saiba o que fazer. Seja para mover um dedo, sentir o cheiro de uma flor



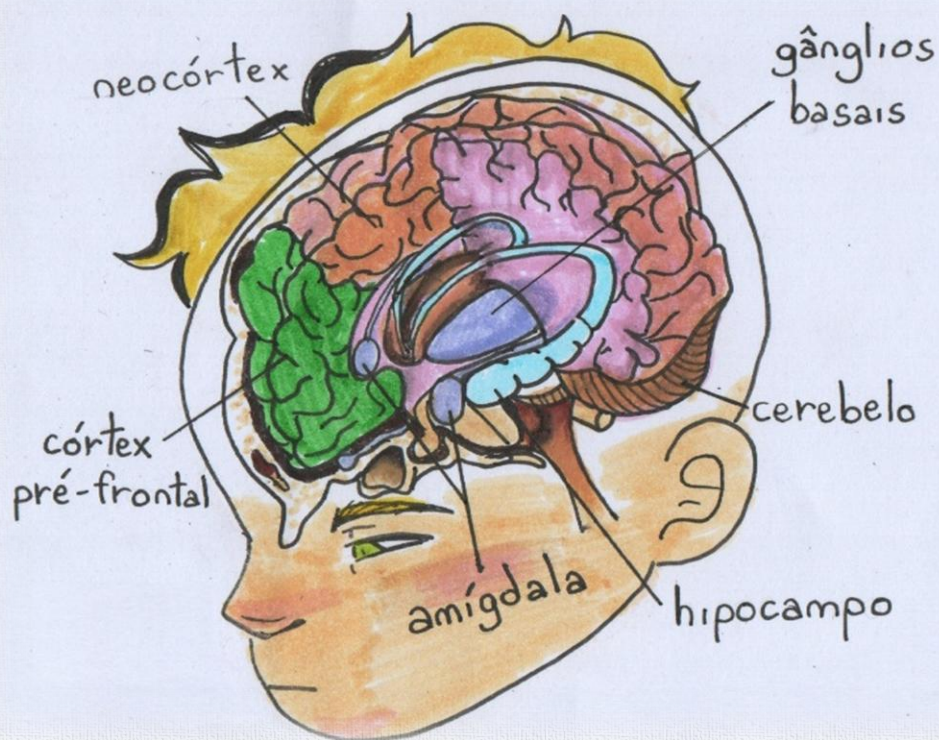
ou lembrar de algo que aprendeu na escola, os neurônios estão sempre ativos, trabalhando juntos para que tudo aconteça da forma certa. E, assim como as formiguinhas trabalham em equipe, os neurônios também se conectam uns com os outros, formando grandes conjuntos de neurônios associados, as chamadas redes neurais. Essas redes permitem que possamos pensar, aprender, sentir emoções e realizar todas as atividades do nosso dia a dia. Quanto mais usamos nosso cérebro, mais

fortes ficam essas conexões entre os neurônios, como se estivessem construindo caminhos cada vez mais eficientes para que as mensagens viagem pelo nosso cérebro.

Quando recebemos um estímulo do ambiente, os órgãos sensoriais, olhos, ouvidos e pele, capturam essa informação e o sistema límbico é quem leva as informações até o cérebro. Vocês sabem o que é o sistema límbico?

Hipátia: Não faço nem ideia.

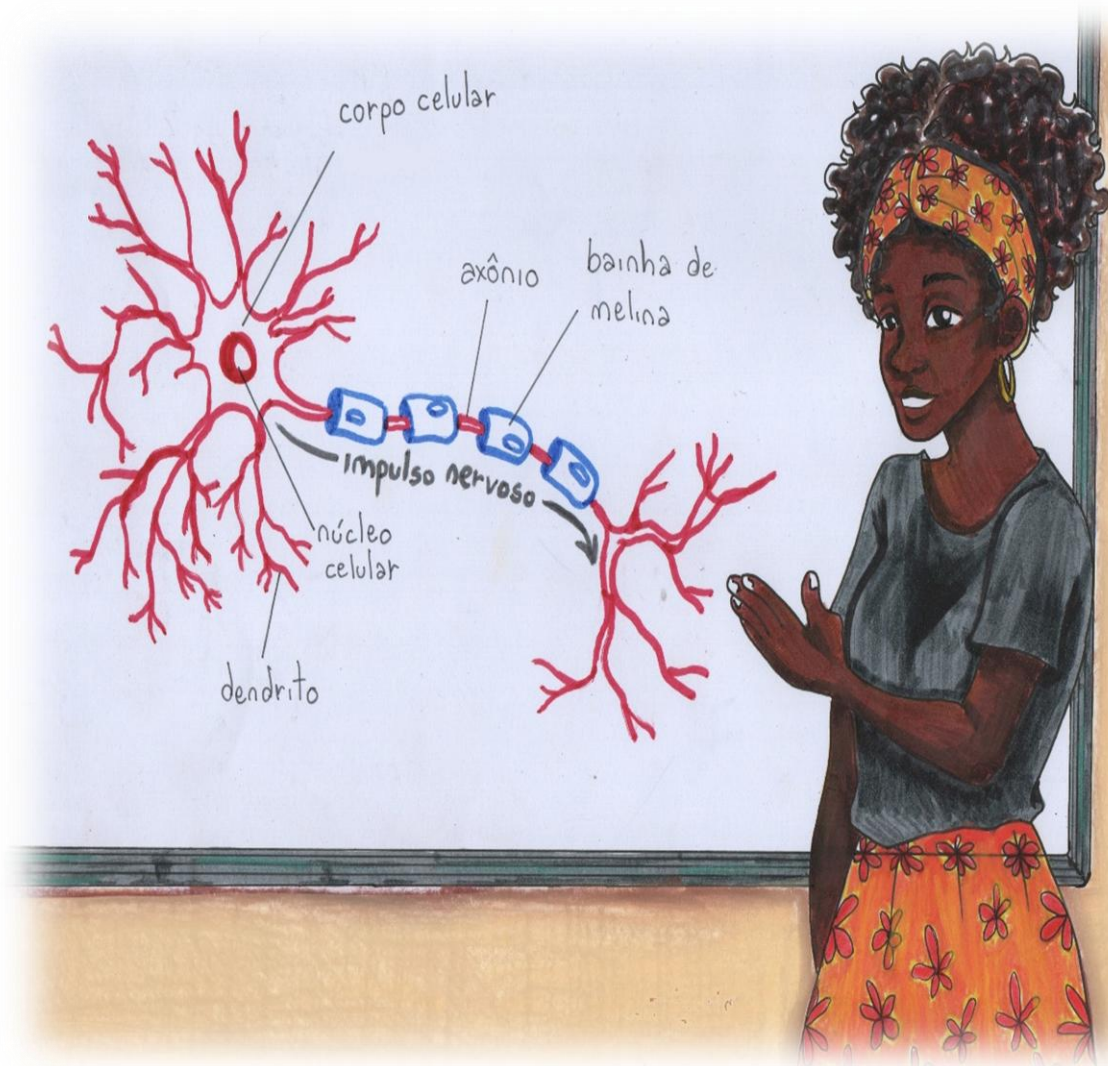
Professora Nalini: O sistema límbico é como o centro de emoções e memórias do cérebro responsável por controlar como sentimos e reagimos a certas situações. Ele é composto por várias partes, mas existem três que merecem destaque: a amígdala, o hipocampo e o hipotálamo. A amígdala é como um alarme de emergência que avisa quando algo pode ser perigoso, ajudando-nos a sentir medo ou a nos proteger. O hipocampo é como um arquivo de memórias, ajuda-nos a lembrar das coisas que já vivemos. E o hipotálamo é quem controla as funções automáticas do corpo, como a temperatura, o apetite e o sono, além de estar envolvido nas emoções.



Professora Nalini: Então, quando estamos muito felizes, com raiva, ou lembrando de uma experiência que nos marcou, é o sistema límbico quem está bem ativo nesse momento. Assim, ele nos ajuda a lidar com nossas emoções e a lembrar delas no futuro. É como se fosse o departamento do cérebro que nos ajuda a entender e a reagir ao que sentimos. Por exemplo, quando você vê um cachorro, seus olhos capturam a imagem do cachorro. Essa captura é convertida em sinais elétricos, que são enviados ao cérebro pelo sistema límbico.

Artur: E como ele faz isso?

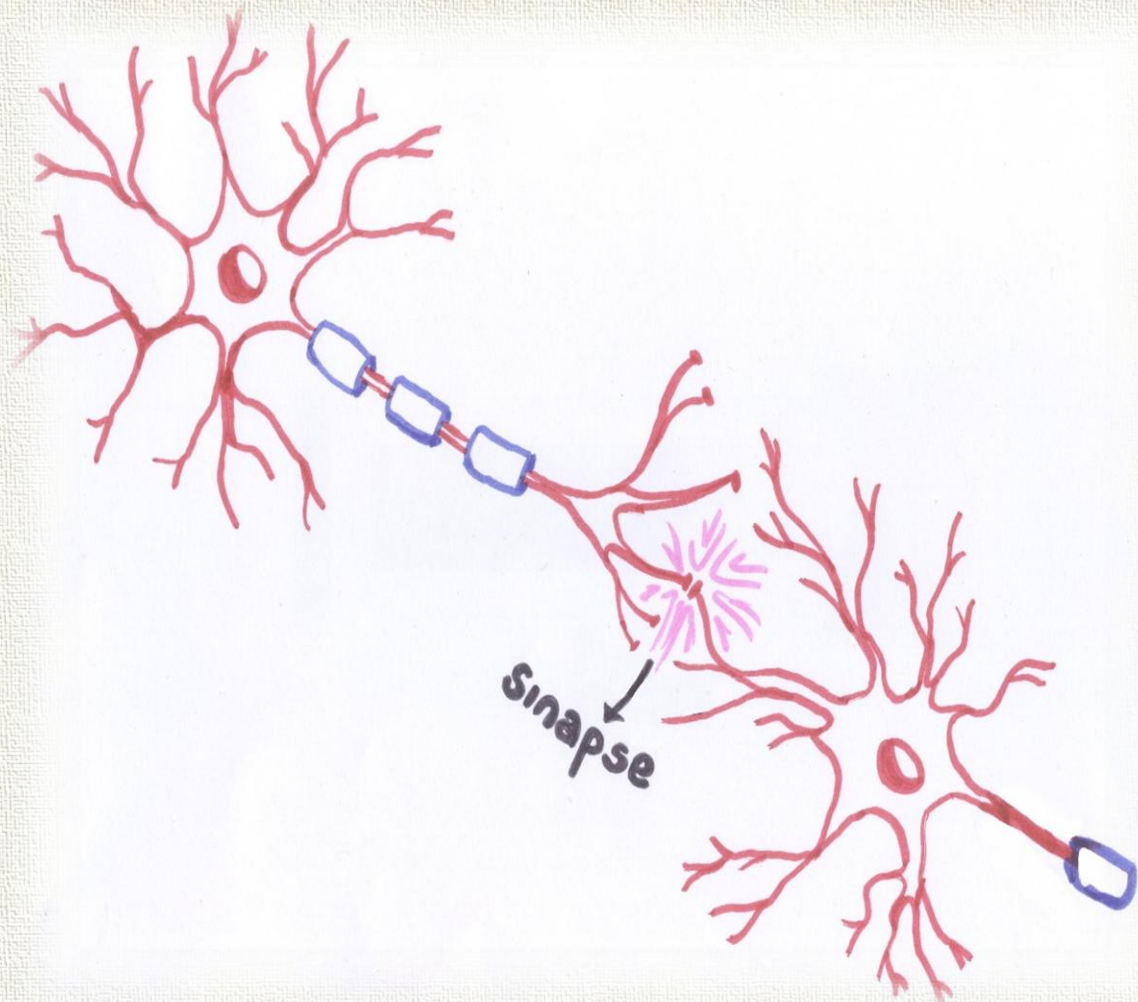
Professora Nalini: Vejam, o neurônio é composto pelo corpo celular e pelos prolongamentos. No corpo celular está o núcleo celular e nos prolongamentos estão pequenas ramificações chamadas dendritos. Uma dessas ramificações é mais longa e recebe o nome de axônio. Cada parte é responsável por uma função. Os



dendritos recebem as informações, o corpo celular se integra a elas e o axônio é quem transmite o sinal elétrico produzido para os dendritos do outro neurônio. Mas, vejam bem, os neurônios não encostam um nos outros.

Artur: Não? Então como que o sinal elétrico passa para o outro neurônio?

Professora Nalini: Os dois neurônios chegam bem pertinho um do outro. O axônio de quem transmite e os dendritos de quem recebe criam uma região chamada sinapse, por onde a informação é passada de um neurônio a outro. Isso tudo acontece em milésimos de segundos.



Hipátia: Uau!!

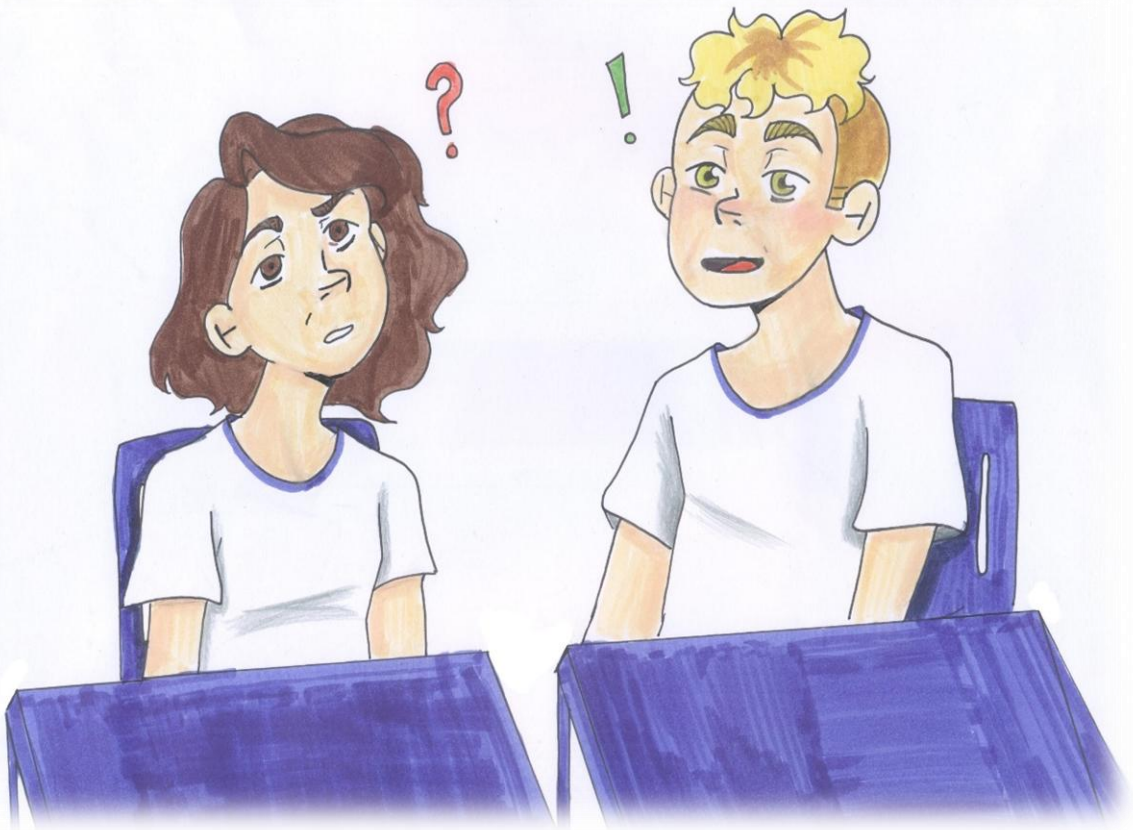
Professora Nalini: Desse modo, aquela imagem do cachorro que foi capturada e levada ao cérebro é processada e interpretada por ele, ou seja, o cérebro reconhece

o que aquilo é e busca experiências anteriores para decidir o que fazer com essa informação – como mover a mão para tocar o cachorro, sentir-se feliz ao vê-lo, sentir medo ou simplesmente armazenar a informação na memória para uso futuro. É nesse armazenamento que se dá a aprendizagem.

Professora Nalini: Quando estudamos matemática é da mesma forma. Quando apresento a vocês um novo conceito vocês escutam o que eu digo e veem o que eu escrevo na lousa. Seus olhos e ouvidos captam as informações, transformam-nas em sinais elétricos e os neurônios, por meio das redes neurais, vão produzindo sinapses de modo a conduzir as informações até o cérebro. Chegando lá, ele analisa a informação recebida e a associa com conhecimentos que já estão armazenados. Por exemplo, quando falamos sobre como calcular a área de um polígono regular, o seu cérebro começa a procurar por informações que já conhece sobre polígonos, áreas e fórmulas matemáticas. Se você já viu algo parecido antes, ele conecta essa nova informação com o que já está armazenado na sua memória. Mas, se é algo completamente novo, ele cria novas conexões neurais, construindo um novo caminho para entender essa ideia.

Hipátia: Então, quer dizer professora que quanto mais neurônios a gente tiver mais inteligentes nós seremos?

Professora Nalini: Não é bem assim Hipátia, todos nós temos aproximadamente a mesma quantidade de neurônios.



Artur: S3rio professora? E quantos s3o?

Professora Nalini: (sorrindo) Olha, 3 uma quantidade grande.

Artur: 300.000

Professora Nalini: Um pouco mais.

Hip3tia: Infinitos

Professora Nalini: Nem tanto, Hip3tia.

Agnesi: D3 uma dica professora.

Professora Nalini: Voc3s sabem quantas estrelas tem na nossa Via L3ctea? 3 aproximadamente o mesmo n3mero.

Artur: A3 complicou!

Professora Nalini: Temos cerca de 90 bilh3es de neur3nios no nosso sistema nervoso.

Artur: O qu3?! Tudo isso?

Professora Nalini: Sim Artur, aproximadamente. Respondendo a sua pergunta Hip3tia, a intelig3ncia 3 uma quest3o de ponto de vista. N3o 3 apenas a quantidade de neur3nios que importa, mas como esses neur3nios est3o conectados e interagem

entre si. O que realmente faz a diferença é a forma como essas conexões são usadas, como aprendemos, resolvemos problemas e nos adaptamos a novas situações. Então, a gente não precisa se preocupar com a quantidade de neurônios que temos e sim em como podemos estimular nosso cérebro a utilizá-los de modo a aprender e crescer de maneira inteligente.

Artur: Sei não professora! Acho que não há nada que possa ser feito para que eu aprenda. A matemática é muito difícil, eu nunca vou aprender. Eu queria ser como a Agnesi.

Professora Nalini: Artur, as pessoas não são iguais. Temos que olhar para nós e buscarmos o melhor que temos. Cada pessoa tem suas próprias experiências e forma única de aprender. A Agnesi tem suas facilidades, mas também enfrenta desafios com a matemática. O importante é reconhecer que a dificuldade faz parte do aprendizado. Quando você diz que nunca vai aprender está bloqueando a sua capacidade de crescimento. Mas se você tentar mudar essa perspectiva e começar a ver os desafios como oportunidades, vai perceber que o aprendizado pode ser mais acessível.

Hipátia: Então, o que você está dizendo, professora, é que nosso cérebro pode melhorar se a gente insistir, mesmo quando é difícil?

Professora Nalini: Exatamente, Hipátia! Nosso cérebro adora aprender, ele só precisa ser estimulado. E para cada pessoa o estímulo pode ser de uma forma diferente. Mas, de forma geral, algumas coisas são importantes para ter sucesso nos estudos, como ter um momento específico durante o dia para estudar, alimentar-se bem, ter uma boa rotina de sono.

Artur: Até o sono interfere no aprendizado?

Professora Nalini: Sim, Artur, ter um boa noite de sono é primordial para que seu cérebro organize todas as informações recebidas durante o dia. O nosso cérebro não para, mesmo quando estamos dormindo ele continua trabalhando. Enquanto dormimos o cérebro processa e organiza as informações adquiridas durante o dia, fortalecendo as conexões neurais permitidas para a retenção do aprendizado. Além

disso, a privação de sono pode prejudicar a capacidade de concentração, o raciocínio lógico e a resolução de problemas, o que afeta diretamente o desempenho nos estudos. Portanto, dormir bem é essencial para um aprendizado eficaz e para a saúde cognitiva em geral.



Agnesi: Tá vendo Artur, a mamãe tem razão quando diz que temos que dormir cedo e você fica lá jogando videogame até tarde. Ela sempre fala que, se a gente não dorme bem, vai acabar esquecendo o que estudou.

Artur: Mas é que às vezes eu não consigo parar de jogar. É como se eu ficasse preso no jogo.

Professora Nalini: Isso que você está descrevendo, Artur, é muito comum. Os jogos podem ser muito envolventes e é fácil perder a noção do tempo. Eles ativam os sistemas de recompensa do cérebro, liberando dopamina, o que nos faz querer

continuar jogando. Mas é importante lembrar que o excesso pode ser prejudicial, especialmente se estiver interferindo no seu sono e, conseqüentemente, no seu aprendizado.

Hipátia: Nunca imaginei que essas coisas pudessem interferir na forma que aprendemos!

Professora Nalini: Interferem muito mais do que imaginamos, Hipátia. A aprendizagem é um processo muito complexo. Ela envolve habilidades emocionais e cognitivas, por isso devemos cuidar para que a ansiedade não nos domine. Assim, criamos, em nosso organismo, condições propícias para que o cérebro funcione da melhor forma possível. Quando cuidamos do nosso corpo ele retribui com mais energia, concentração e disposição para aprender. Além disso, é essencial ter paciência com o próprio ritmo e descobrir quais métodos de estudo funcionam melhor para cada um.

Agnesi: Eu percebi que entendo melhor as coisas quando explico em voz alta, como se estivesse ensinando para alguém. Quando me escuto explicando algo parece que tudo fica mais claro e isso me ajuda a organizar minhas ideias.

Artur: Tudo o que eu tento não funciona, sempre fico frustrado...

Professora Nalini: É normal sentir isso, Artur. A frustração faz parte do processo de aprendizado. O importante é não deixar que ela te impeça de continuar. Às vezes, mudar a abordagem ou dar um tempo e voltar mais tarde pode fazer toda a diferença. Lembre-se, cada erro é uma oportunidade de aprender algo novo. O que

não pode é desistir. A construção do conhecimento matemático é feita com tentativas e erros. Você acha que eu sempre acerto de primeira todas as questões de matemática? Eu erro muitas vezes, assim como a Agnesi. O que acontece é que cada erro me desafia a tentar e tentar até que eu acerte.

Hipátia: E quando a gente consegue superar a frustração, o cérebro aprende mais rápido, né?

Professora Nalini: Exatamente. As emoções interferem, e muito, no nosso aprendizado. Devemos cuidar para que sentimentos negativos não se perpetuem. Os erros são tão



importantes quanto os acertos, não podemos desmotivar por causa deles. Se errou apaga e faz novamente, procurando entender qual etapa não está sendo assimilada.

Artur: (curioso) Então, quer dizer que, se toda vez que eu errar eu insistir e acreditar que uma hora vai dar certo eu posso ficar bom em matemática, assim como a Agnesi?

Professora Nalini: Exatamente, Artur! Ninguém nasce sabendo matemática, do mesmo modo ninguém nasce sem a capacidade de aprendê-la. O que importa é a forma como você estuda e a paciência que você tem consigo mesmo. Para se tornar bom é preciso tentar, errar e tentar de novo até que se torne fácil. Quanto mais nós usamos o cérebro, melhor ele fica e com mais capacidade para continuar aprendendo e fazendo coisas novas.

Você sabia, Artur, que muitos gênios internacionalmente reconhecidos também apresentaram dificuldades no período escolar? Einstein, por exemplo, só aprendeu

a ler com nove anos e não passou no "vestibular" na primeira vez que tentou, mas com perseverança conseguiu se tornar um dos maiores gênios conhecidos.

Agnesi: (entusiasmada) Viu, Artur? Você só precisa continuar tentando! Eu posso te ajudar com os exercícios depois da aula, se você quiser.

Artur: Valeu, Agnesi. Vou tentar olhar a matemática de outro jeito agora.

No caminho para a casa Artur conversa com Agnesi.

Artur: Agnesi, você viu o que a professora falou? Será mesmo que eu posso aprender? Acho que ela só quis me iludir. Até ela já desistiu de mim, ela sabe que eu não vou aprender. Meu cérebro não é para isso.

Agnesi: Ah Artur, para com isso! A professora nunca desiste da gente, mas temos que fazer nossa parte também. Ela te orientou sobre o que precisa fazer. Primeiro tem que confiar em si mesmo. Todo mundo é capaz, por que você não seria? Ela confia em você e eu também. Agora falta você confiar!

Artur segue para casa pensativo.

No dia seguinte, quando o celular desperta, Artur já está acordado.

Artur: Agnesi, vamos!

Agnesi: Será que estou sonhando? É mesmo o Artur me acordando para ir à escola?

Artur: Vamos Agnesi, para de graça! Não foi você que me motivou? Decidi que vou começar uma nova etapa em minha vida escolar.

Agnesi: Uau! Então vamos logo! Estou ansiosa para ver essa mudança.

Artur toma seu café rapidamente e apressa Agnesi para irem logo. No caminho para a escola Artur está mais animado. Ele fica atento ao que Agnesi diz e tenta ver o mundo com os olhos dela.

Artur: Sabe, Agnesi, fiquei pensando no que a professora disse ontem. Se o cérebro é como uma máquina que a gente pode treinar, então, talvez eu só precise achar o jeito certo de fazer isso.

Agnesi: Exatamente! Todos nós temos uma maneira diferente de aprender. Você só precisa encontrar a sua.

Artur: Decidi que vou tentar e hoje parece ser um bom dia para mudar, o dia hoje está lindo, não acha?

Agnesi: Sim Artur, acho.

Artur: Olha aqueles girassóis! Vou colher um e levar para a professora, ela vai gostar.



Artur colhe um lindo girassol para a professora Nalini e o leva com todo o cuidado para que não estrague. Chegando à escola, Artur entra na sala de aula com um novo olhar e coloca o girassol na mesa da professora Nalini. Em seguida, senta-se logo à frente e espera ansiosamente pela sua chegada. A professora entra na sala.

Professora Nalini: Bom dia turma! Nossa, que girassol mais lindo! É a minha flor preferida. Posso saber quem me presenteou?

Artur, com um sorriso tímido, levanta a mão.

Artur: Fui eu, professora. Colhi para a senhora no caminho para a escola. Achei o girassol tão bonito e pensei que a senhora iria gostar.

Professora Nalini: Muito obrigada, Artur! Você acertou em cheio. O girassol é a minha flor preferida. Sabia que ele tem uma relação especial com a matemática?

Artur: Sério? Como assim?

Professora Nalini: Vocês já ouviram falar da sequência de Fibonacci?

Artur: Não, o que é isso?

Professora Nalini: É uma sequência de números bem especial. Funciona assim: você começa com 0 e 1. Depois, cada número seguinte é a soma dos dois anteriores. Então, fica assim: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, e por aí vai. Cada número é a soma dos dois que vieram antes dele.

Artur: Entendi. Mas o que isso tem a ver com os girassóis?

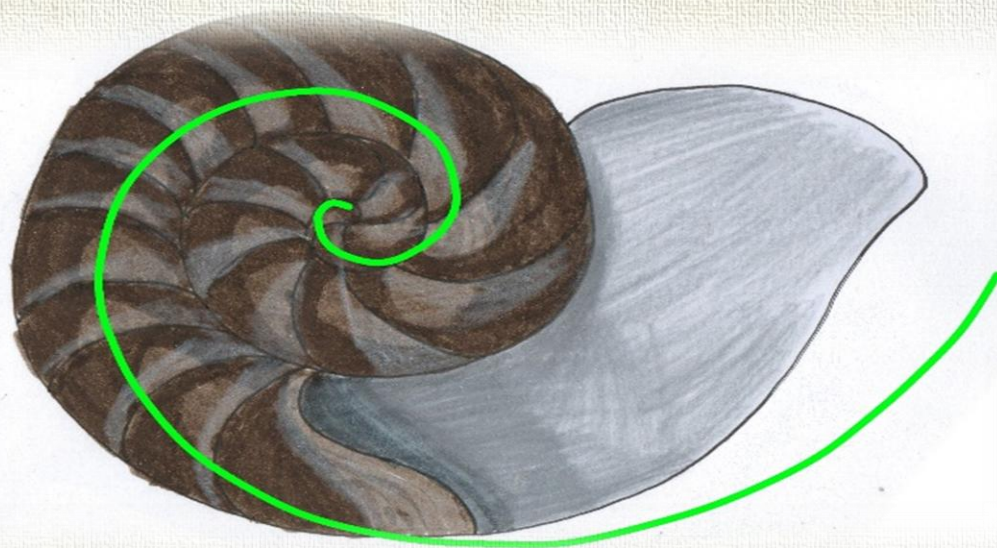
Professora Nalini: A sequência de Fibonacci se torna tão bela pois é encontrada em diversos momentos na natureza. O girassol é um exemplo, no centro dele, as sementes crescem em espirais, tanto no sentido horário quanto anti-horário. Se você contar o número de espirais em cada direção, vai ver que eles são números da sequência de Fibonacci. Por exemplo, um girassol pode ter 21 espirais em uma direção e 34 na outra. Esses números fazem parte da sequência!



Artur: Uau, então as sementes não estão só espalhadas de qualquer jeito?

Professora Nalini: Exatamente! A natureza segue essa sequência para que as sementes fiquem bem distribuídas e aproveitem ao máximo o espaço. É uma maneira eficiente de crescer. Em muitos outros lugares na natureza, como nas conchas e nas pinhas, também podemos ver essa sequência.

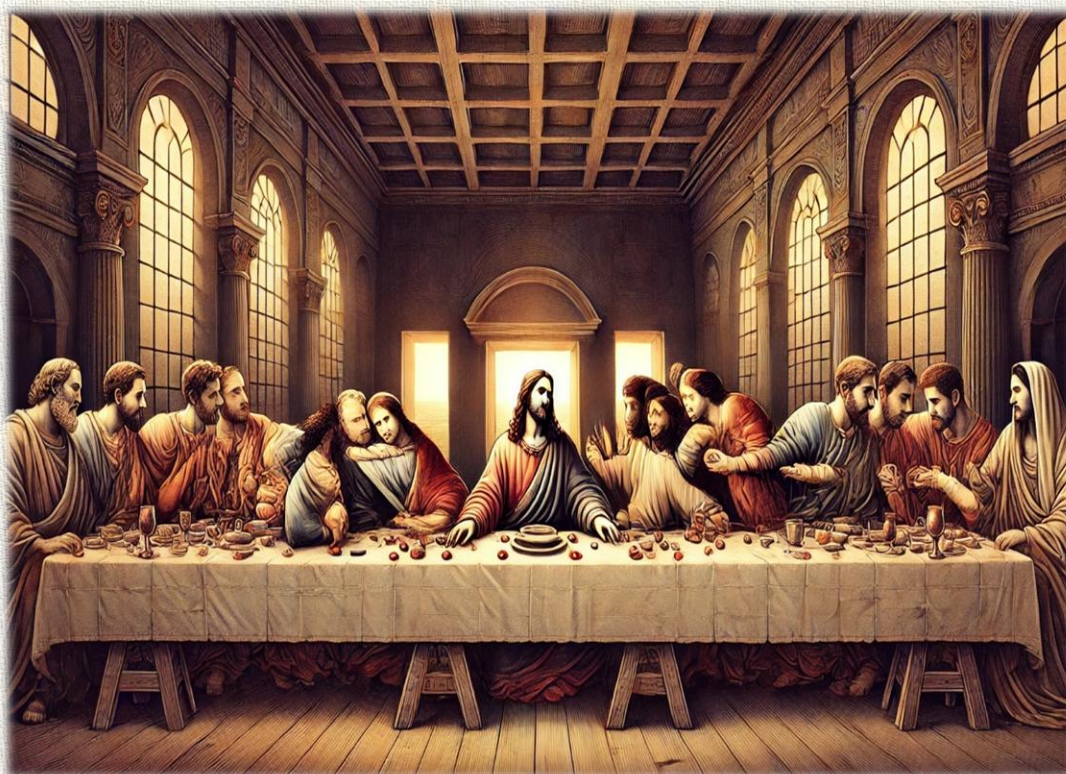
Artur: Nunca pensei que os girassóis fossem tão matemáticos!



Professora Nalini: Eles são! E isso mostra como a matemática está presente em coisas que nem imaginamos. É como se a natureza tivesse sua própria linguagem matemática para organizar tudo de forma perfeita. E tem mais, se dividirmos cada termo da sequência pelo seu antecessor encontramos, como resultado, o número aproximado 1,618, conhecido como número de ouro. Este número foi considerado pelos gregos como o número da perfeição e foi utilizado em obras de arte que posteriormente se tornaram famosas, provavelmente pela sua associação com o número de ouro. Como exemplo temos a Mona Lisa, de Leonardo da Vinci, e a Última Ceia, de Salvador Dalí.



Fonte: Ilustração inspirada na Monalisa, criada com inteligência artificial a partir do OpenAI (2024).



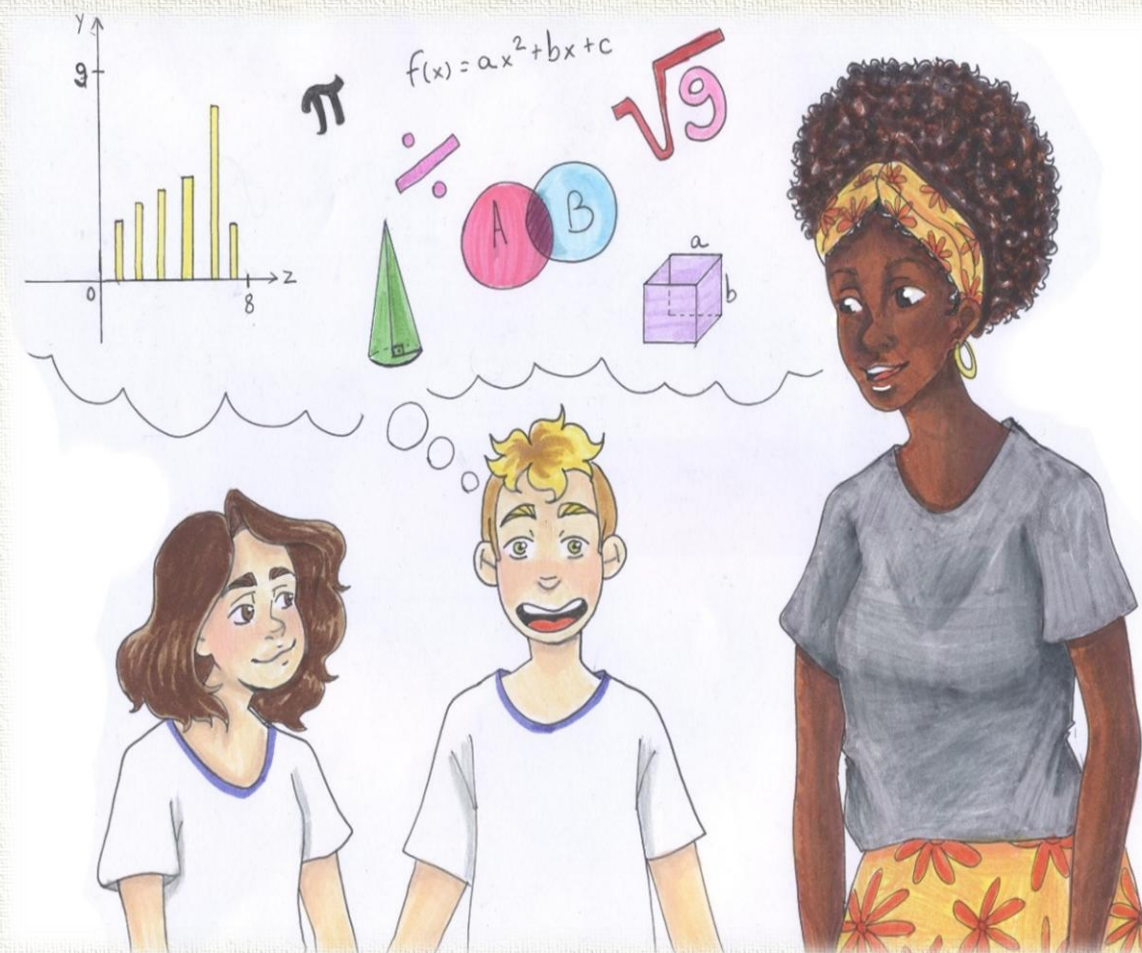
Fonte: Ilustração inspirada na Santa Ceia,

criada com inteligência artificial a partir do OpenAI (2024).

Artur: Nossa, professora! Nunca imaginei que a matemática fosse tão grandiosa assim!

Professora Nalini: Pois é, Artur. A matemática está presente em muitos aspectos da natureza. Quando começamos a perceber essas conexões, fica muito mais interessante, não acha?

Artur, agora visivelmente curioso e animado, sorri.



Artur: Com certeza! Agora quero descobrir mais dessas coisas. Acho que a matemática pode ser bem legal, afinal.

Professora Nalini: Fico muito feliz em ouvir isso. A matemática é como uma lente que nos permite ver o mundo de uma forma nova e fascinante.

Artur, cheio de entusiasmo, vira-se para Agnesi, que o observa com uma expressão de surpresa e satisfação.

Artur: Eu sabia que a professora ia gostar do girasso! Agora estou ansioso para aprender mais!

Agnesi: Isso é só o começo, Artur. Vamos descobrir muito mais juntos.



A professora Nalini sorri, satisfeita ao ver o entusiasmo crescente de seus alunos. Artur, que antes via a matemática com certa resistência, agora está

pronto para explorá-la com novos olhos. Artur ouve com atenção enquanto a professora explica o conteúdo do dia. Ele ainda sente um pouco de dificuldade, mas, em vez de desanimar, ele se lembra da importância de insistir.

Artur: (pensando) Tudo bem, pode parecer difícil agora, mas eu vou continuar tentando. A professora Nalini disse que o cérebro pode aprender qualquer coisa. Então, eu só preciso continuar.

Nos dias que se seguem Artur continua sua jornada de aprendizado. Ele ainda enfrenta dificuldades, mas a diferença agora é que ele não desiste. Sempre que se sente frustrado, lembra das palavras da professora Nalini e do apoio de Agnesi. Com o tempo Artur começa a perceber pequenas melhorias. Ele consegue resolver alguns problemas sem tanta dificuldade e começa a ganhar confiança. A cada acerto ele sente que está mais próximo de dominar a matemática.



REFERÊNCIAS

BIOGRAFIAS. **Mulheres na matemática**, Niterói, c2024. Disponível em: <http://mulheresnamatematica.sites.uff.br/biografias/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE MATEMÁTICA PURA E APLICADA. **IMPA celebra dez anos da medalha Fields de Artur Avila**. Rio de Janeiro: IMPA, 2024. Disponível em: <https://impa.br/noticias/impa-celebra-dez-anos-da-conquista-da-medalha-fields-por-artur-avila/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE MATEMÁTICA PURA E APLICADA. **Nalini Anantharaman fala sobre sistemas ergódicos**. Rio de Janeiro: IMPA, 2018. Disponível em: <https://impa.br/noticias/nalini-anantharaman-fala-sobre-sistemas-ergodicos/>. Acesso em: 6 nov. 2024.

INSTITUTE FOR ADVANCED STUDY. **Nalini Florence Anantharaman**. New Jersey: IAS, c2024. Disponível em: <https://www.ias.edu/scholars/nalini-florence-anantharaman>. Acesso em: 6 nov. 2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO OESTE. Departamento de Física. Grupo PET-Física. **Artur Avila (1979 ~)**. Guarapuava: GPET-Física/Unicentro, [2018]. Disponível em: <https://www3.unicentro.br/petfisica/2018/08/28/artur-avila-1979/>. Acesso em: 5 nov. 2024.

Entre matemática e neurônios: uma jornada de descoberta visa responder a questão sobre quais possíveis contribuições os estudos selecionados têm para o ensino e a aprendizagem de Matemática. A narrativa usa uma linguagem acessível para apresentar conceitos das neurociências cognitivas e demonstrar sua importância para o desenvolvimento de habilidades matemáticas. A história acompanha três alunos: Agnesi, Artur e Hipátia, cada um com perspectivas únicas sobre a aprendizagem. Agnesi, uma menina apaixonada pela Matemática, representa a força de seu interesse natural em processos cognitivos, seu irmão Artur tem uma certa resistência e dificuldades de superar barreiras e fortalecer as habilidades cognitivas, Hipátia, curiosa e perspicaz, contextualiza esses conceitos e questiona sobre o papel do professor e a importância da neuroplasticidade. A professora Nalini, por meio da sua flor favorita, desperta algo maravilhoso em seus alunos. A narrativa incentiva os leitores a mergulhar em um mundo fictício e aproveitar as aventuras e descobertas compartilhadas pelos personagens.

As autoras

Leiliane Vieira de Lima Chagas

Licenciada em Matemática pela Universidade Estadual de Goiás (UEG, 2010), Especialista em Letramento Informacional pela Faculdade de Comunicação e Biblioteconomia da Universidade Federal de Goiás (UFG, 2016). Especialista em Educação Matemática pela Universidade Estadual de Goiás, (UEG, 2017). Mestre em Matemática pela Universidade Federal de Goiás (PROFMAT – UFG, 2024). É professora titular da Secretaria Estadual de Educação (Seduc-GO), atuante nas etapas de ensino fundamental e médio, com a disciplina de matemática.

Karly Barbosa Alvarenga

Licenciatura em Ciências Habilitação Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC, 1983). Mestre em Matemática pela Universidade de Brasília (UNB, 1990). Doutora em Ciencias en Matemática Educativa pelo Centro de Investigacion en Ciencia Aplicada y Tecnologia Avanzada del Instituto Politécnico Nacional - MX (2006). Doutora em Educação Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (2013). Pós-doutorado na Universidade Nova de Lisboa – PT (2019). Trabalha na Universidade Federal de Goiás. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Ensino e em Aprendizagem e atua principalmente nos seguintes temas: interdisciplinaridade, modelagem, neuromatemática, pensamento avançado, materiais concretos. Está vinculada ao Programa de Pós- Graduação em Educação em Ciências e Matemática - UFG, ao PROFMAT - UFG e ao Programa de Pós-Graduação em Ensino na Educação Básica (CEPAE-GO). Líder do grupo GEEM- UFG. Participa do Grupo de Investigações em Educação Matemática - UnB. <https://orcid.org/0000-0001-7670-8548>