

ALMANAQUE PARA POPULARIZAÇÃO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

SÉRIE 17 ASTROFÍSICA



Volume 3

Luísa e as Astropartículas - Física Nuclear



Braile



CARLOS HENRIQUE COIMBRA ARAÚJO
RITA DE CASSIA DOS ANJOS
MARIA AUGUSTA SILVEIRA NETTO NUNES
JOSÉ HUMBERTO DOS SANTOS JÚNIOR

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

REITOR

Prof. Dr. José da Costa Filho

VICE-REITORA

Prof. Dr^a. Bruna Silva do Nascimento

CAPA, ILUSTRAÇÕES E EDITORAÇÃO
ELETRÔNICA

José Humberto dos Santos Júnior

REVISÃO GERAL

Maria Augusta Silveira Netto Nunes

Os personagens e algumas imagens desta obra foram retiradas e reutilizadas dos gibis correspondentes, descritos na Apresentação.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L953 Luísa e as astroparticulas: física nuclear / Carlos Henrique Coimbra Araújo ... [et al.]. – Porto Alegre : Sociedade Brasileira de Computação, 2025.
32 f. : il. – (Almanaque para popularização de ciência da computação. Série 17, Astrofísica ; v. 3).

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7669-645-5 (digital)
ISBN 978-85-7669-645-2 (físico)

1. Ciência da Computação. 2. Física nuclear. 3. Astroparticulas. I. Araújo, Carlos Henrique Coimbra. II. Anjos, Rita de Cassia dos. III. Nunes, Maria Augusta Silveira Netto. IV. Santos Júnior, José Humberto dos. V. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. VII. Título. VIII. Série.

CDU 004:539.7(059)

Ficha catalográfica elaborada por Annie Casali – CRB-10/2339

Biblioteca Digital da SBC – SBC OpenLib

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciência e tecnologia dos computadores : Informática – Almanaques 004 (059)
2. Física nuclear: 539.7

Este gibi foi diagramado para ser impresso nas métricas 210mm x 240mm, utilizando o sistema de grafia braile com escrita em relevo.



CARLOS HENRIQUE COIMBRA ARAÚJO
RITA DE CASSIA DOS ANJOS
MARIA AUGUSTA SILVEIRA NETTO NUNES
JOSÉ HUMBERTO DOS SANTOS JÚNIOR

**ALMANAQUE PARA POPULARIZAÇÃO
DE
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Série 17: Astrofísica
Volume 3: Luísa e as Astropartículas -
Física Nuclear

Porto Alegre/RS
Sociedade Brasileira de Computação
2025

Apresentação

Este material foi produzido durante a Bolsa de Produtividade CNPq-DT-1C (302892/2023-0), coordenada pela Professora Maria Augusta S. N. Nunes, desenvolvida no Departamento de Informática Aplicada (DIA) do Bacharelado em Sistemas de Informação (BSI) e no Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Ele está vinculado ao projeto Almanaques para Popularização de Ciência da Computação, que recebeu o prêmio Tércio Pacitti pela Inovação em Educação em Computação em 2022 pela Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Esta cartilha/gibi foi produzida em colaboração, no âmbito do projeto NAPI (Novo Arranjo de Pesquisa) Fenômenos Extremos do Universo –

Fundação Araucária (134/2021), sob a coordenação da Professora Rita de Cássia dos Anjos. Vinculado, também aos projetos de pesquisa da Fundação Araucária (698/2022), FAPESP (2021/01089-1) e CNPq (310448/2021-2).

As cartilhas da Série 17 visam fomentar o interesse juvenil pela Astrofísica de Altas Energias. Na Série 17, almejamos despertar a atenção geral para a ciência das partículas que constituem o Universo, contando a jornada de Luísa e suas aventuras na exploração da astrofísica de partículas em um universo de diversidade e desafios.

O Volume 3 da Série é uma sequência das histórias anteriores sobre o fascínio de Luísa pelo mundo do átomo e das partículas. Luísa, uma criança cega de uma comunidade carente de São Paulo,

é apaixonada por ciência e curiosa sobre tudo. Neste terceiro volume, ela desvenda, com suas amigas e com a tia Bea, os mistérios da física nuclear e a energia que pode ser útil, mas também destrutiva – quando mal utilizada –, proveniente da energia atômica. O núcleo atômico e seus constituintes, prótons e nêutrons, são abordados de maneira didática, num material voltado para crianças e jovens, mas também para adultos em busca dos primeiros conhecimentos sobre o tema, por que não.

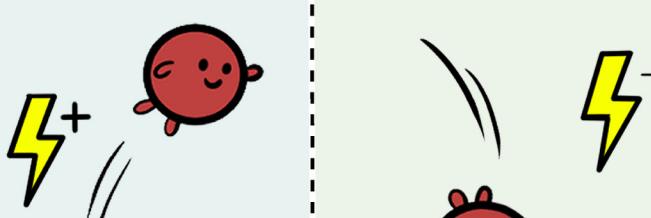
(Os Autores)

Na noite estrelada de quintal de sua casa muito bonita, Luísa conversa com tia Bea sobre átomos. Aqueles tantos modelos, do pudim de passas ao átomo quântico.

- Tia Bea, dentro do átomo tem o quê?**
- Bom, isso você já sabe: prótons, nêutrons, elétrons...**
- Os prótons e os nêutrons no centro, né?**



- Sim, Luísa. Prótons e nêutrons no centro. Elétrons ao redor, dando seus saltos quânticos.
- Tão lindo de imaginar os elétrons saltando. Ganham energia e saltam. Perdem energia e voltam.
- Sim, os elétrons são incríveis. Mas hoje, ouça com atenção, contarei a história de outras incríveis partículas. As que moram dentro do núcleo atômico.
- Núcleo atômico! O que é que tem lá mesmo?



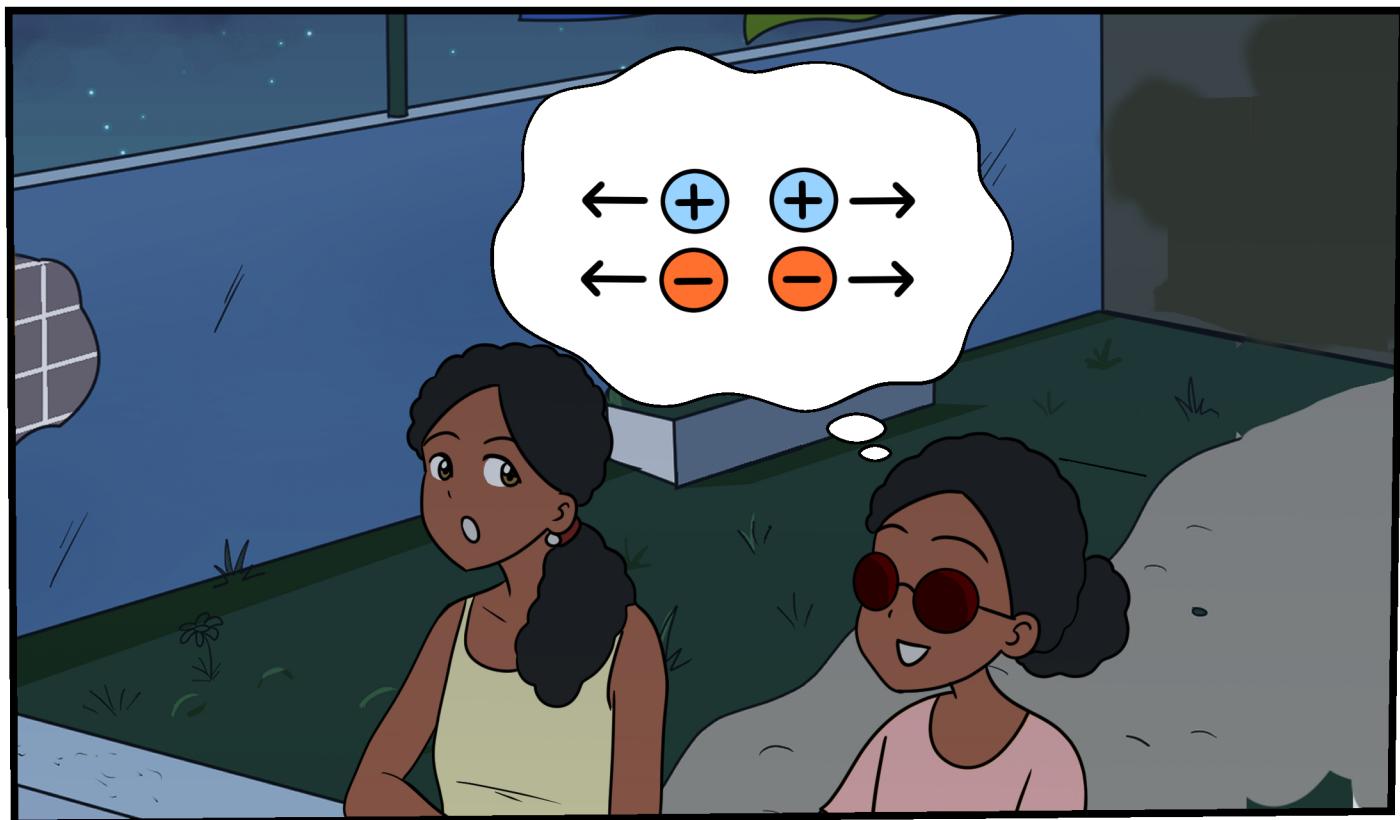
- Lá é onde ficam os prótons e os nêutrons...
- Ah sim, claro! Os prótons e os nêutrons no centro...
- Física do núcleo, física nuclear.
- Uau! Isso tem a ver com bomba atômica?
- Sim, tem relação. Dentro do núcleo existe muita energia guardada!
- Nossa! Mas por que é que lá tem tanta energia?



Tia Bea diz então que não é algo tão fácil de explicar. Mesmo assim, ela faz uma comparação dessas que só a tia Bea sabe fazer.

– Luísa, você se lembra que cargas de sinais iguais se repelem?

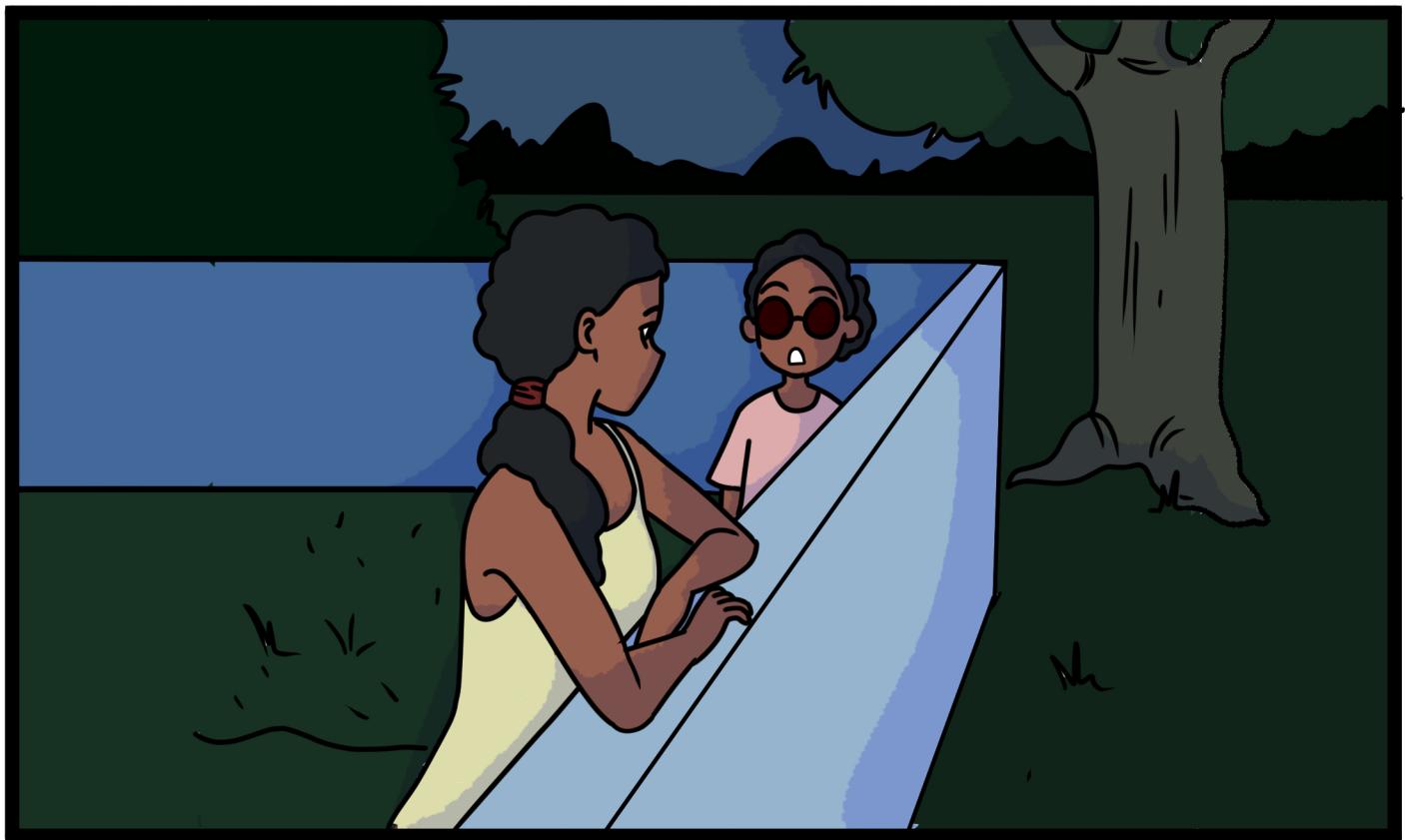
– Sim, tia, realmente, se repelem! Carga positiva repele a positiva. E a negativa repele a negativa.



- Isso mesmo, Luísa! Prótons são positivos e repelem prótons. E elétrons são negativos e repelem elétrons. É uma propriedade elétrica da matéria.
- Ah sim... mas prótons atraem elétrons, né?
- Exatamente!
- E os nêutrons? Eles se repelem ou se atraem?



- Os nêutrons são neutros, como o nome diz. Não têm nem carga positiva, nem negativa. Então eles simplesmente não se repelem... mas eles se atraem...
- Os nêutrons se atraem? COMO ASSIM?
- Sim, os nêutrons se atraem...
- Se eles nem têm carga... ISSO NÃO TEM LÓGICA!



Tia Bea segura a mão de Luísa e as duas caminham para dentro da casa. Sentam-se no sofá e relaxam um pouco. Tia Bea prepara um chá gostoso para si e para a sobrinha. As duas então voltam a conversar, recostadas ao sofá, tomando um chazinho quente.

– Veja... dois nêutrons, quando não estão tão perto um do outro, eles nem se atraem... mas quando se aproximam muito, eles se atraem muito! Mas eles precisam chegar muito, mas muito pertinho um do outro.



- Como assim? - pergunta Luísa.
- Veja só. Agora mesmo estamos no mesmo sofá. Mas estamos um pouco afastadas uma da outra. Só que quando eu ficar bem pertinho de você, eu vou te dar um abraço bem apertado e você me dá um abraço bem apertado e daí ficamos juntinhas. De longe não tem como se dar abraço. Mas de perto...

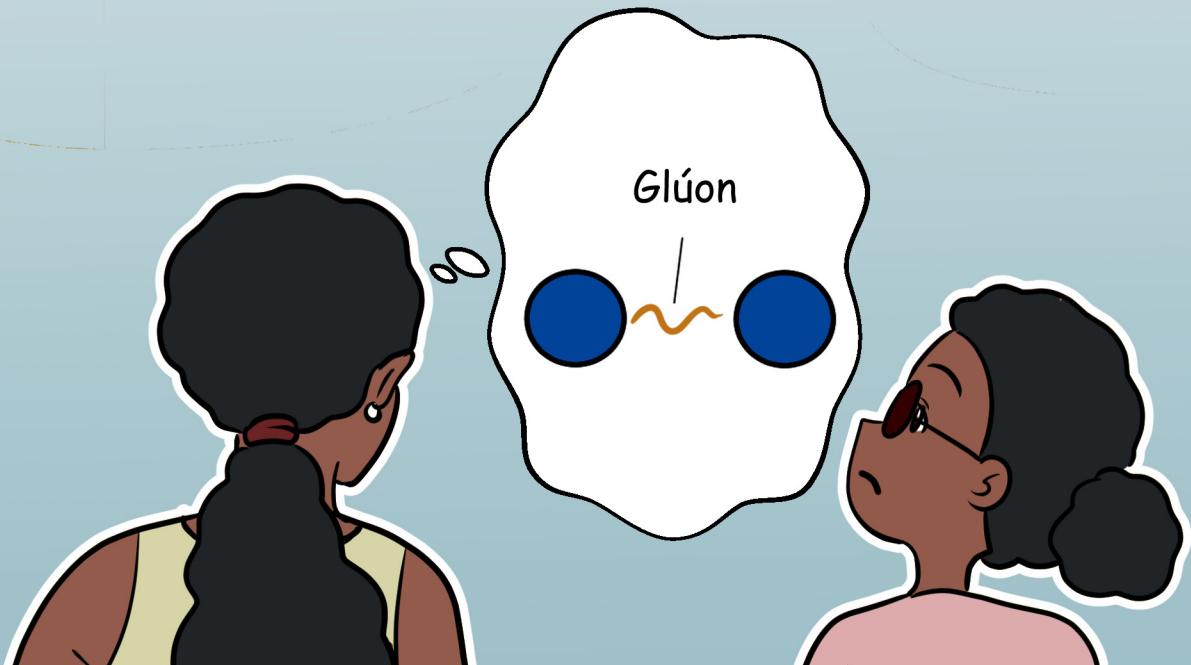


Tia Bea diz isso se aproximando de Luísa, lhe dando um abraço bem apertado. Luísa retribui dando um abraço apertado na tia.

- Sentiu o poder do abraço, Luísa?**
- Sim, é muito bom!**



- Pois é... os nêutrons nem se atraem entre si... só quando eles chegam bem pertinho um do outro. E daí eles se abraçam! E ficam colados e nada pode separá-los. O que faz os nêutrons se abraçarem é chamado de “glúons”, as partículas de cola, do inglês glue. É o “abraço” mais apertado que existe!
- Nossa! Mais apertado que o nosso abraço?
- Sim, é o abraço mais apertado do universo!



- NOSSA!

- E sabe, Luísa, nêutrons, quando chegam bem pertinho dos prótons, também dão abraços bem apertados. E um próton quando chega bem pertinho de outro próton também abraça ele bem apertadinho. Se abraçam e não se soltam.



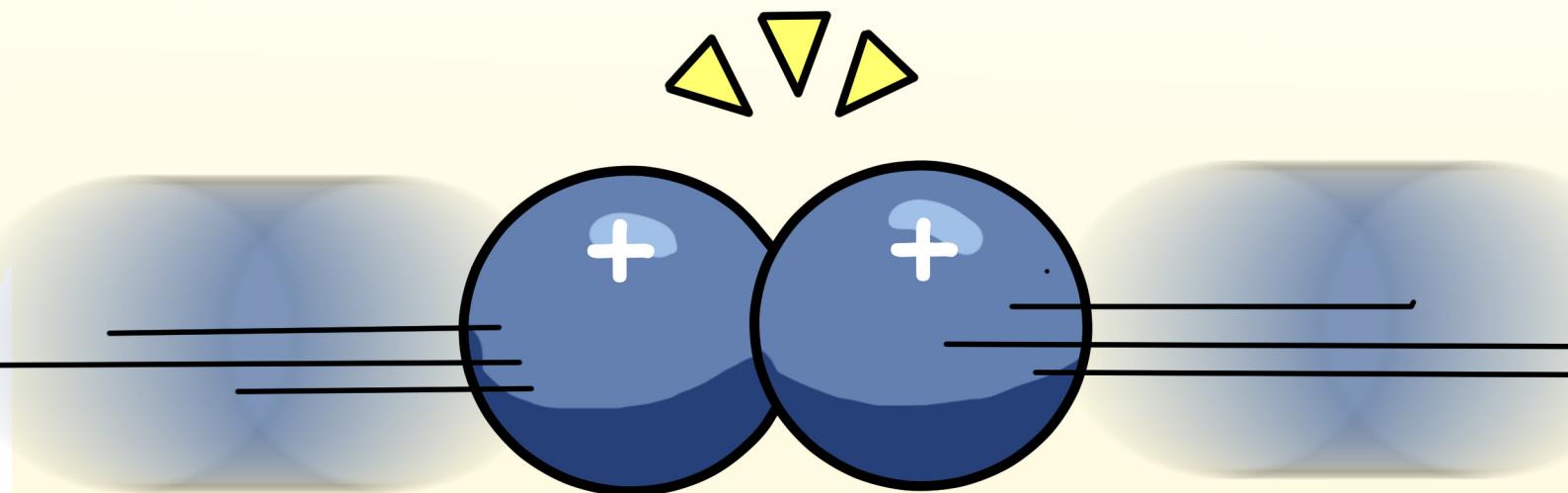
Luísa faz uma cara de quem não entendeu nada.

– Ué, tia Bea! Mas você não disse que os prótons se repelem? Como é que eles podem se dar um abraço tão apertado um no outro?

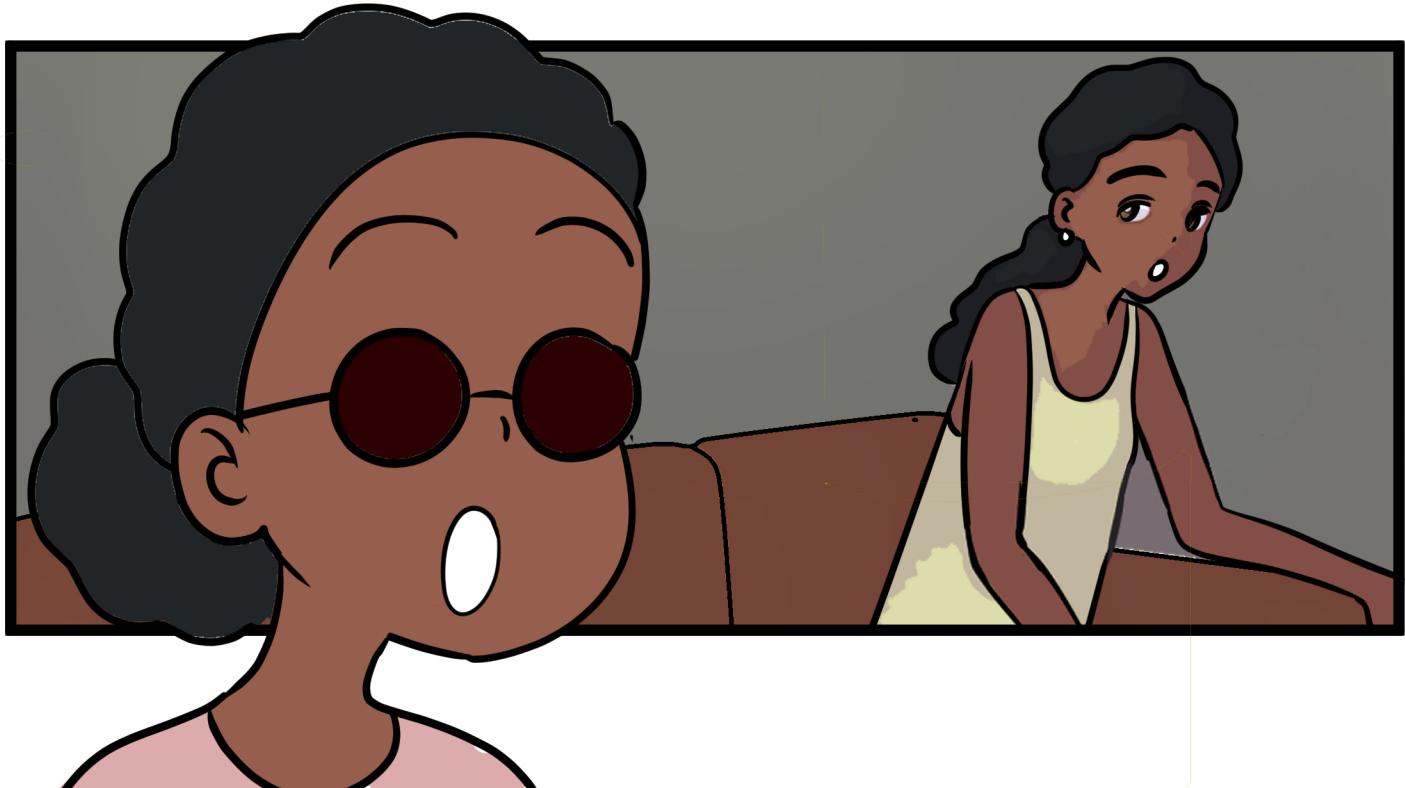
– Então... essa é a parte complicada. De longe eles se odeiam... mas quando chegam bem pertinho um do outro, eles se abraçam. Isso é estranho, mas é o que acontece.



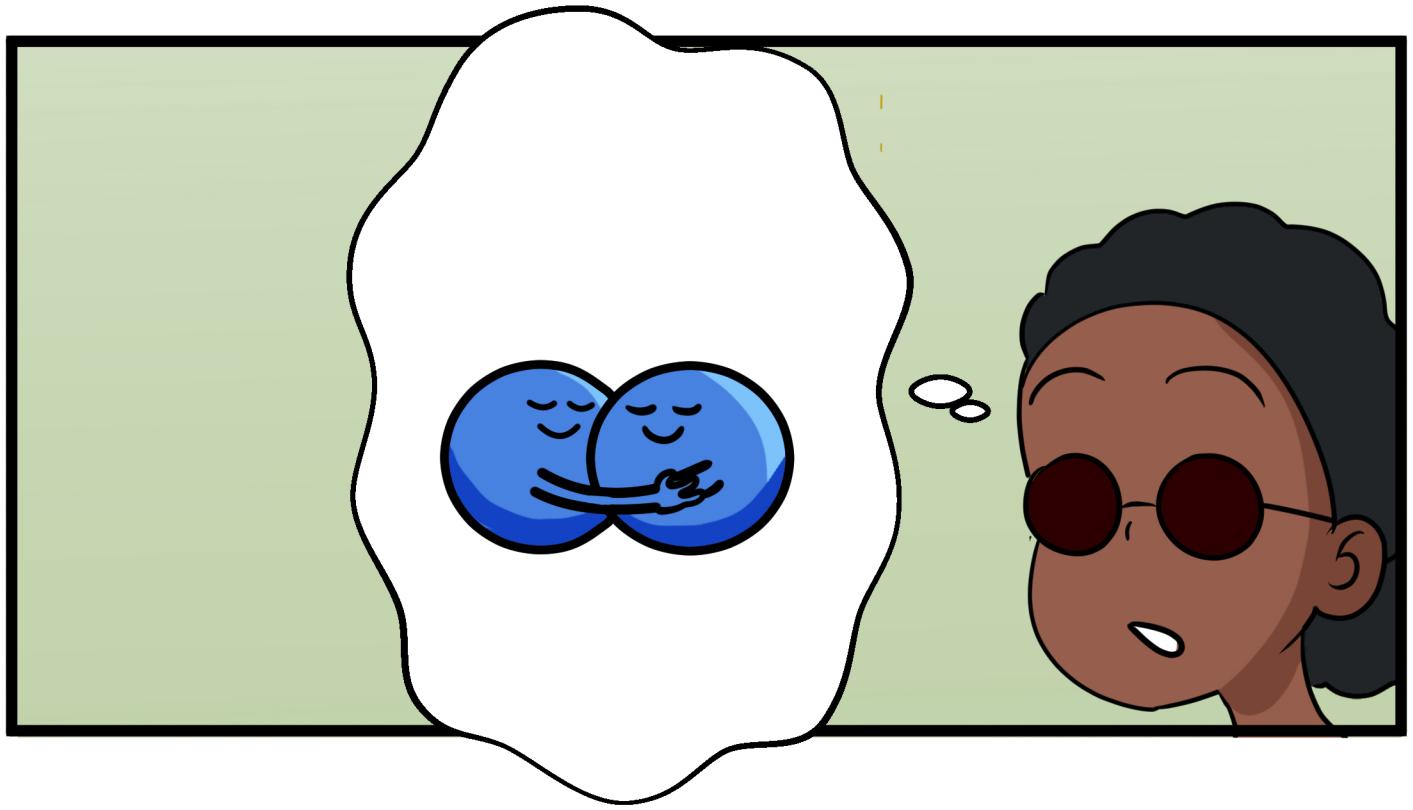
- Hum... e como é que eles se chegam tão perto, se eles se odeiam de longe?
- O que acontece é que às vezes os prótons estão viajando com velocidades muito altas. E então eles se chocam entre si e a carga elétrica de mesmo sinal não consegue impedir que eles se aproximem. E quando eles se aproximam, eles se abraçam e não se largam.



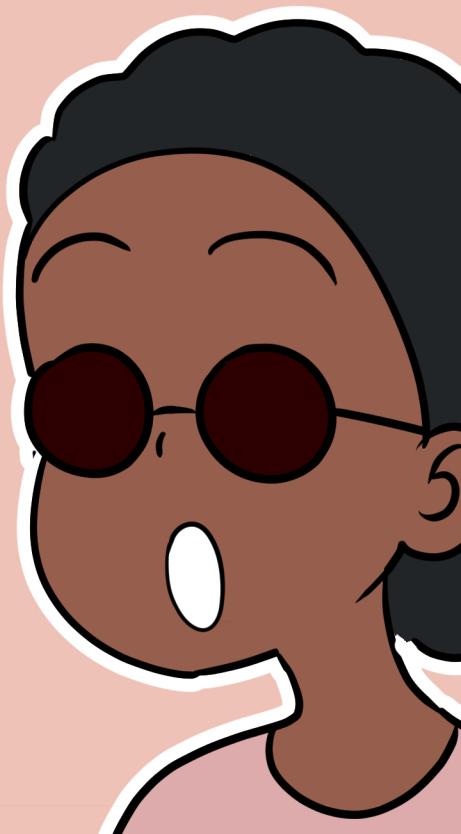
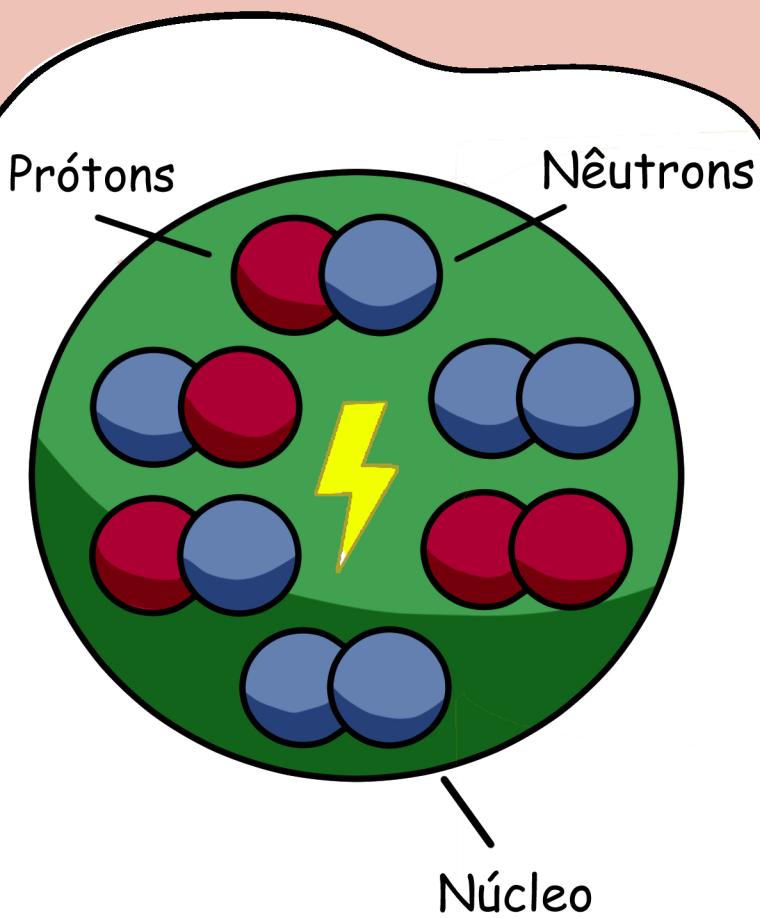
- Nossa, tia, nunca tinha pensado nisso! E nunca imaginei que isso fosse possível.
- É por causa desses abraços que dentro do núcleo atômico pode haver vários prótons uns juntinhos dos outros, colados uns aos outros, sem se separar.
- Ah! É por isso! Agora entendi porque o modelo atômico que os livros descrevem mostra vários prótons juntinhos no núcleo! – exclama Luísa com surpresa.



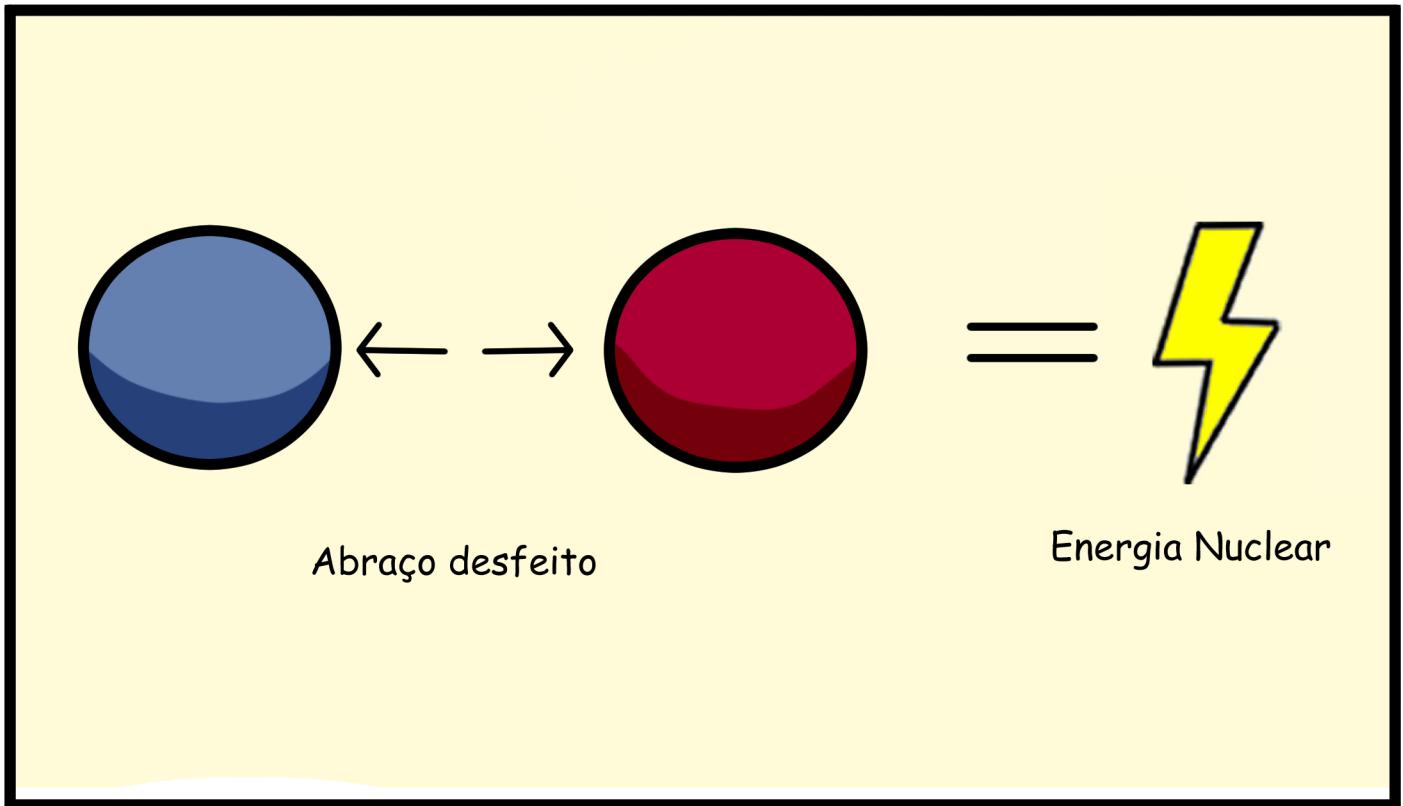
- Exatamente! – confirma tia Bea.
- Eu vi na aula de Química que quando um átomo tem 2 prótons ele é um átomo de hélio. E quando são 6 prótons, é um átomo de carbono! Prótons abraçadinhos, nunca tinha pensado!
- Esse abraço apertado tem nome, sabia? Se chama “força nuclear forte”.
- Nossa, o abraço é tão forte que ele se chama “força nuclear forte”. Que forte!



- É por isso que dentro do núcleo existe muitaaaa energia. Porque os abraços lá de dentro são muito fortes e muito apertados. Prótons abraçados a prótons. Prótons abraçados a nêutrons. Nêutrons abraçados a nêutrons.
- Que incrível! – diz Luísa, totalmente hipnotizada pela ideia.

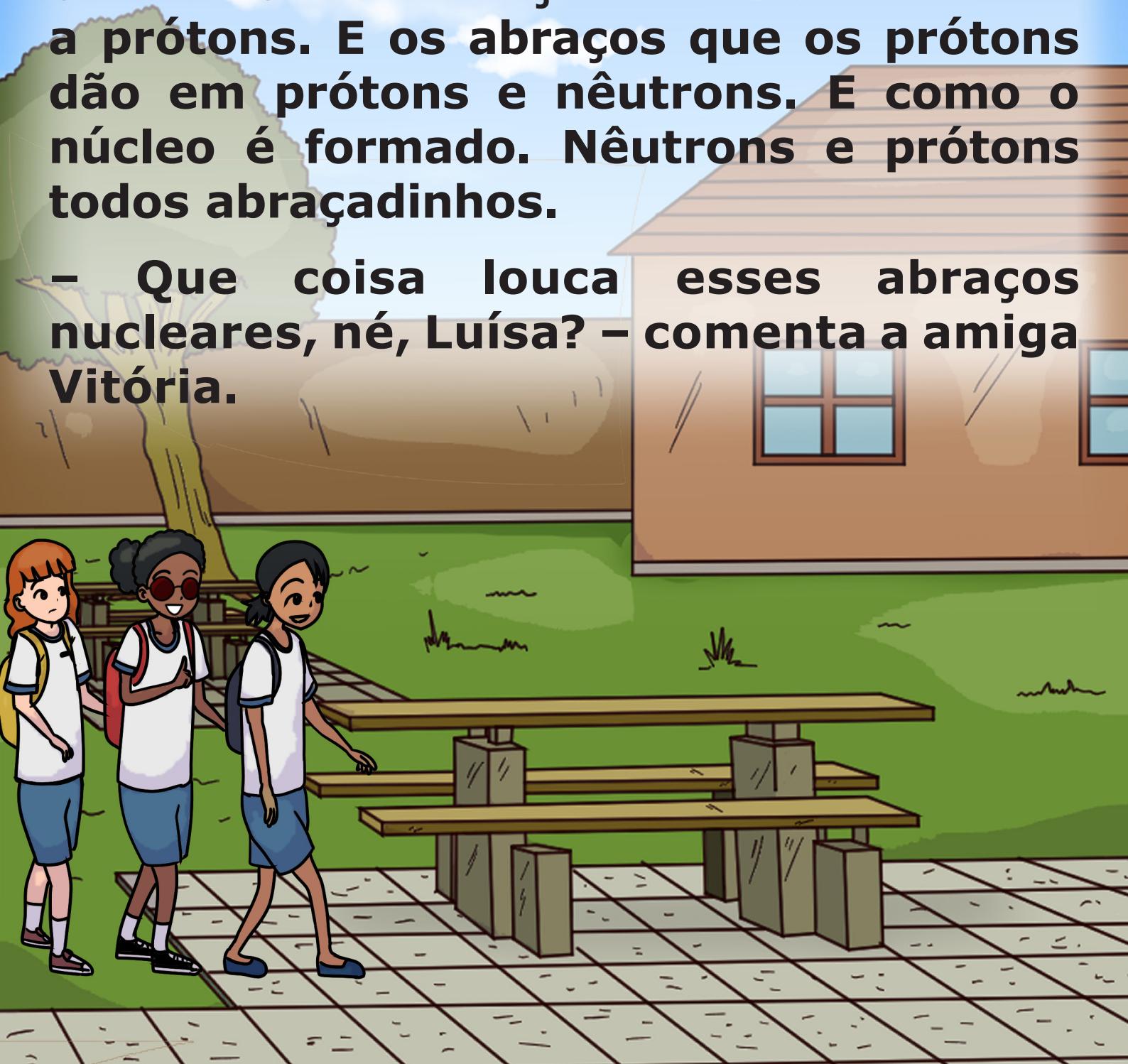


- Se por algum mecanismo você conseguir desfazer esses abraços, você vai liberar uma energia escondida muito grande. A energia que vem da ligação fortíssima entre prótons ou entre nêutrons ou entre prótons e nêutrons é gigantesca! Essa é a ENERGIA NUCLEAR!
- ENERGIA NUCLEAR! – repete Luísa de queixo caído, com admiração.

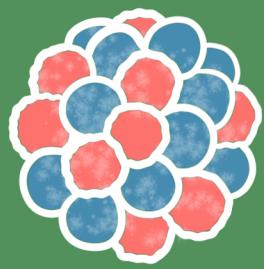


No dia seguinte, na escola, Luísa conta tudo para as amigas. Mostra a elas como os nêutrons se abraçam entre si e também a prótons. E os abraços que os prótons dão em prótons e nêutrons. E como o núcleo é formado. Nêutrons e prótons todos abraçadinhos.

– Que coisa louca esses abraços nucleares, né, Luísa? – comenta a amiga Vitória.



E a história dos abraços nucleares, de tanto se falar nos corredores, acaba um dia chegando aos ouvidos da profe Marta. Ela então não perde tempo e um dia desenha o núcleo atômico no quadro. Formado por várias bolinhas unidas. Ela pinta os prótons de vermelho e os nêutrons de azul, escrevendo uma legenda explicativa sobre isso. Ela também entrega a Luísa um modelo do núcleo feito com bolinhas de plástico coladinhas entre si.



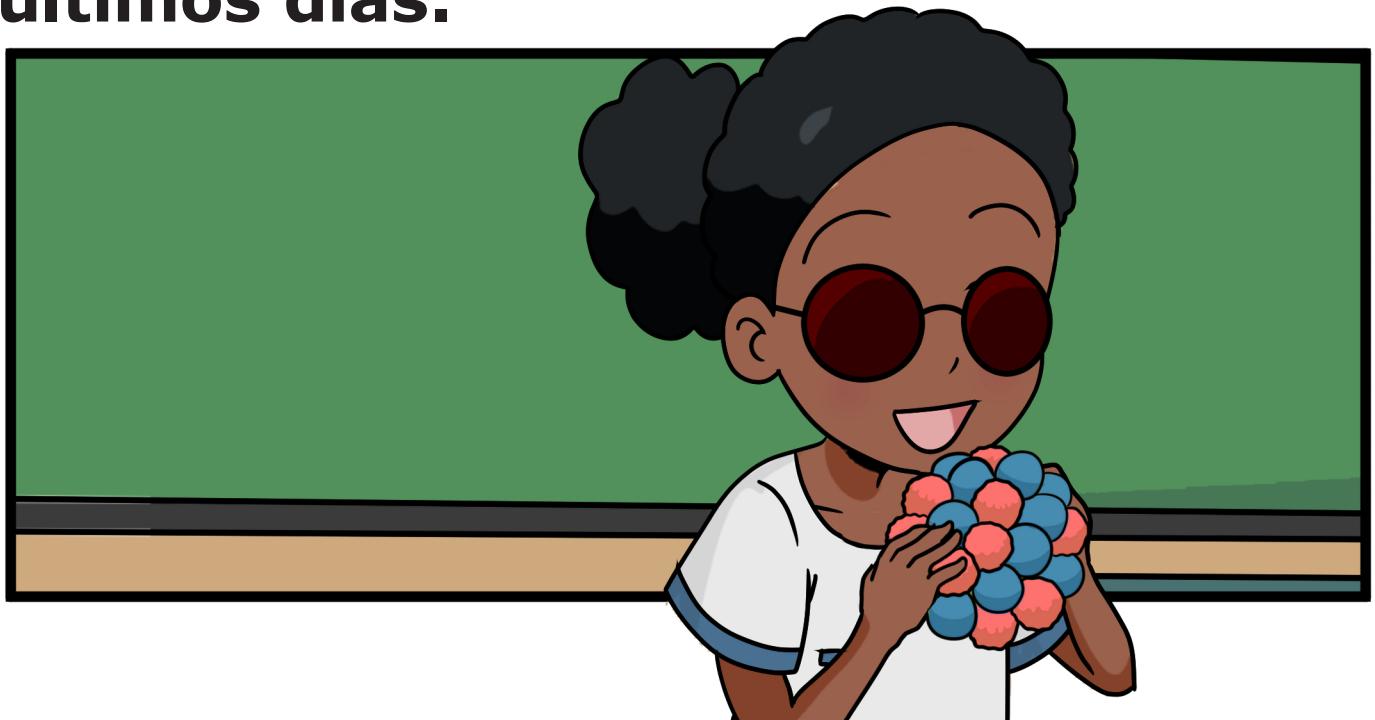
Núcleo Atômico



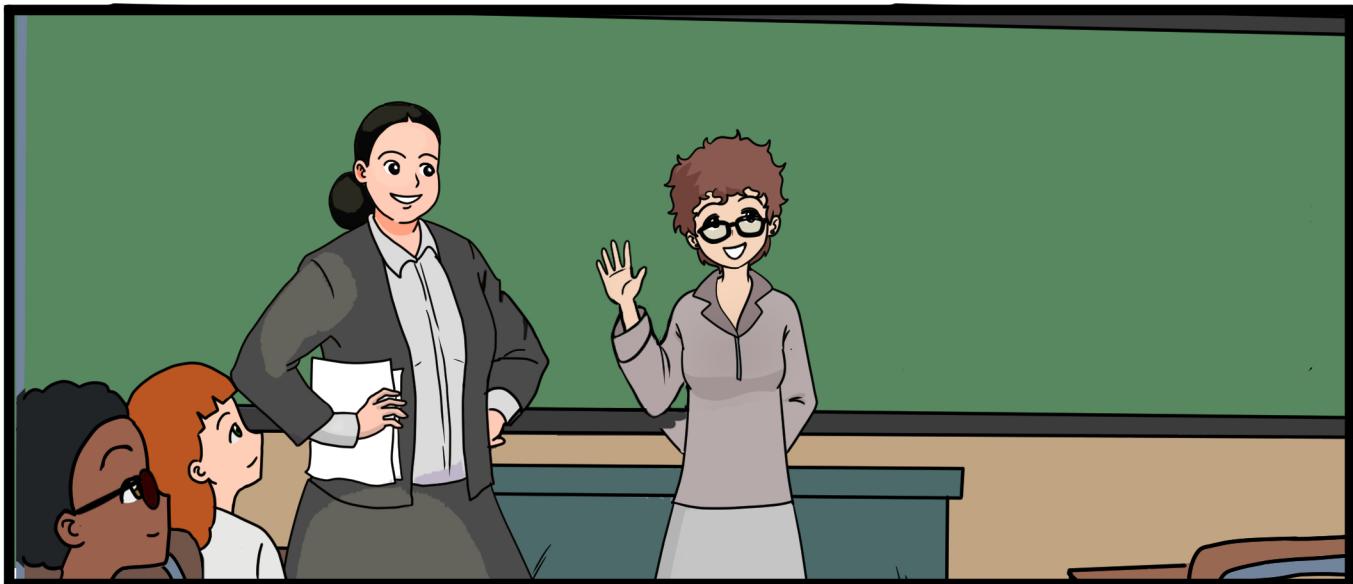
– Sinta, Luísa! As bolinhas lisas são os nêutrons e as bolinhas enrugadas são os prótons.

Luísa apalpou o modelo de núcleo atômico, sentindo suas nuances e detalhes.

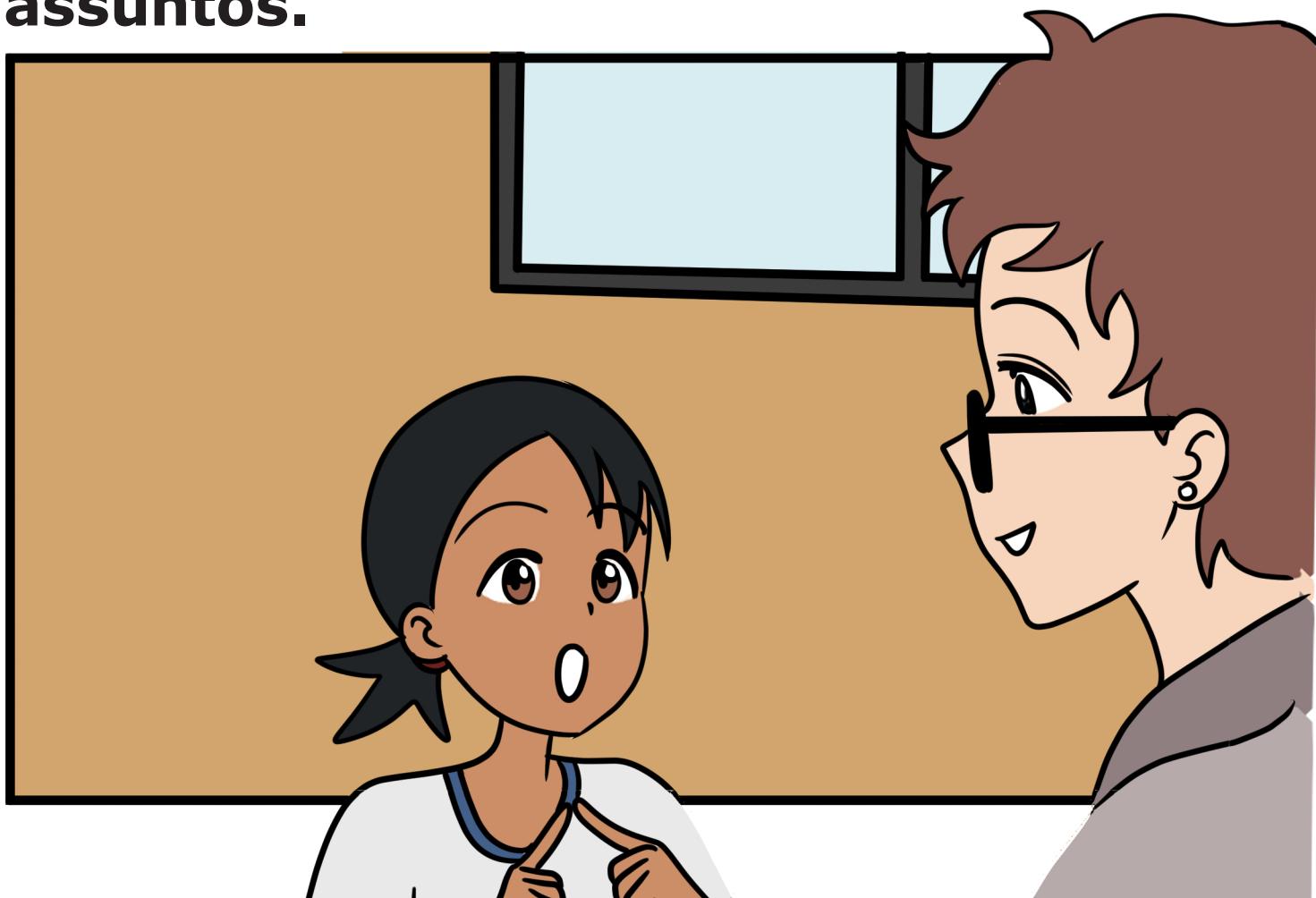
– Nossa, que incrível isso, profeee! Prótons e nêutrons bem juntinhos! – exclama Luísa com alegria, emocionada por ter seu tato sensibilizado por essa imagem em que tanto pensara nos últimos dias.



Naquele mesmo dia, a professora trouxe uma cientista muito amiga, uma física de partículas de um instituto internacional chamado CERN, para conversar com as alunas e alunos sobre o núcleo atômico. Paula é o nome dela e ela está passando as férias no Brasil, aproveitando para dar palestras em escolas e universidades. A profe Marta chamou a amiga depois que percebeu esse embalo de Luísa e de suas amigas, que só falavam de núcleo atômico, prótons e nêutrons e energia nuclear.

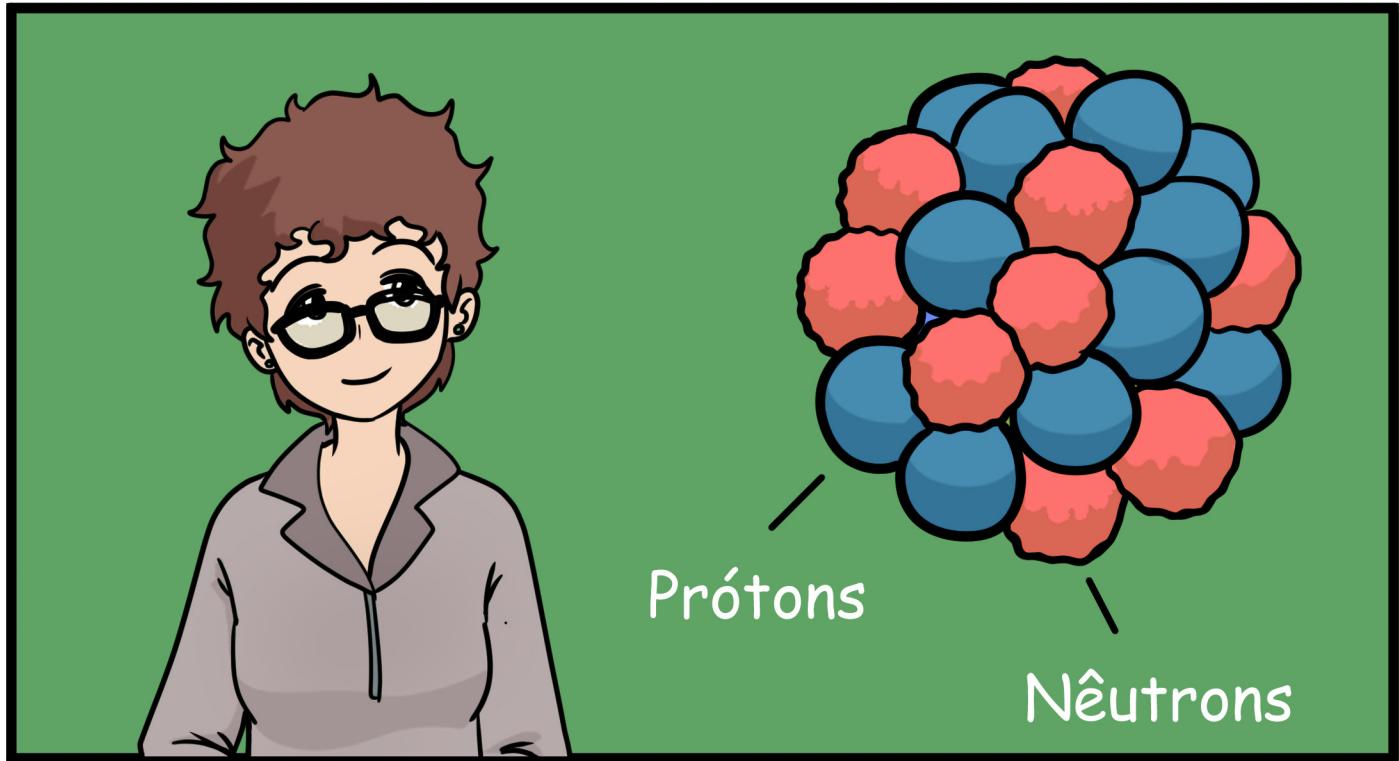


- O que é CERN? – pergunta Valéria à cientista visitante.
- CERN é uma sigla que quer dizer Centro Europeu de Pesquisas Nucleares, em francês – explica a cientista aos alunos na sala de aula.
- Onde é que fica isso? – pergunta em seguida Roberto, que ama esses assuntos.



- O CERN fica na Suíça, na cidade de Genebra. Lá se estuda física nuclear e física de partículas.
- Nossa! – fala baixinho Vitória, numa voz contida que todo mundo consegue ouvir.

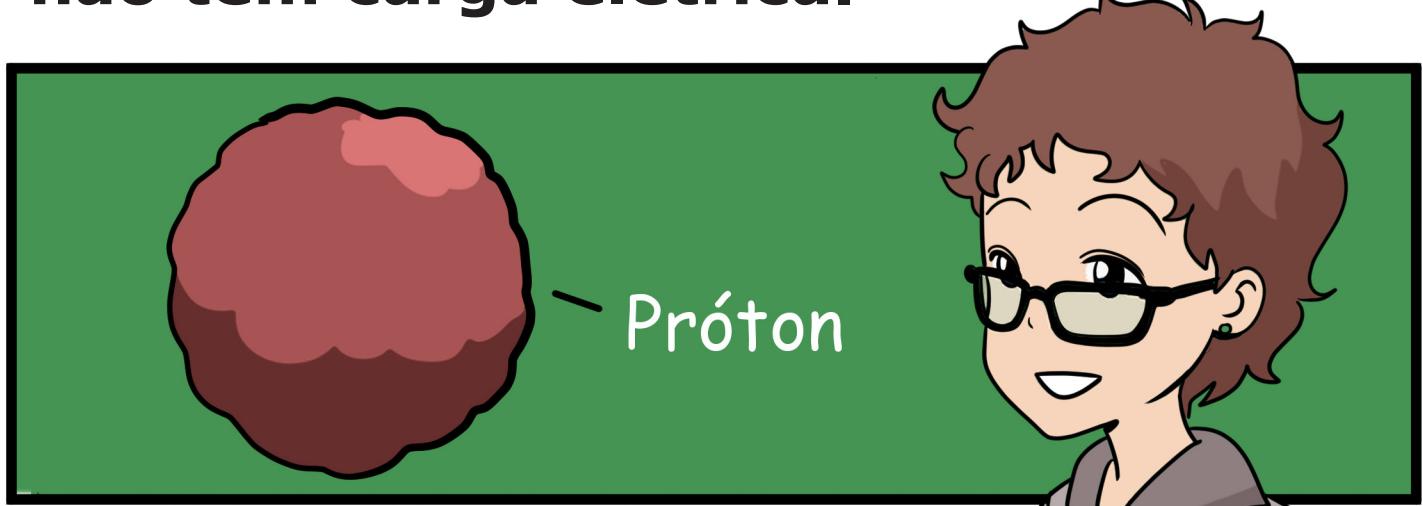
Então a cientista começa a apresentar alguns slides e mostra uma figura de um núcleo atômico. Nêutrons e prótons, todos bem grudadinhos.



– Esse aqui é um próton, que dá carga elétrica positiva ao núcleo atômico. Quem descobriu isso foi Ernest Rutherford. Ele fez experimentos que mostraram que o núcleo é bem pequeno. Muito menor que um átomo. Cerca de 10 mil vezes menor que o próprio átomo!

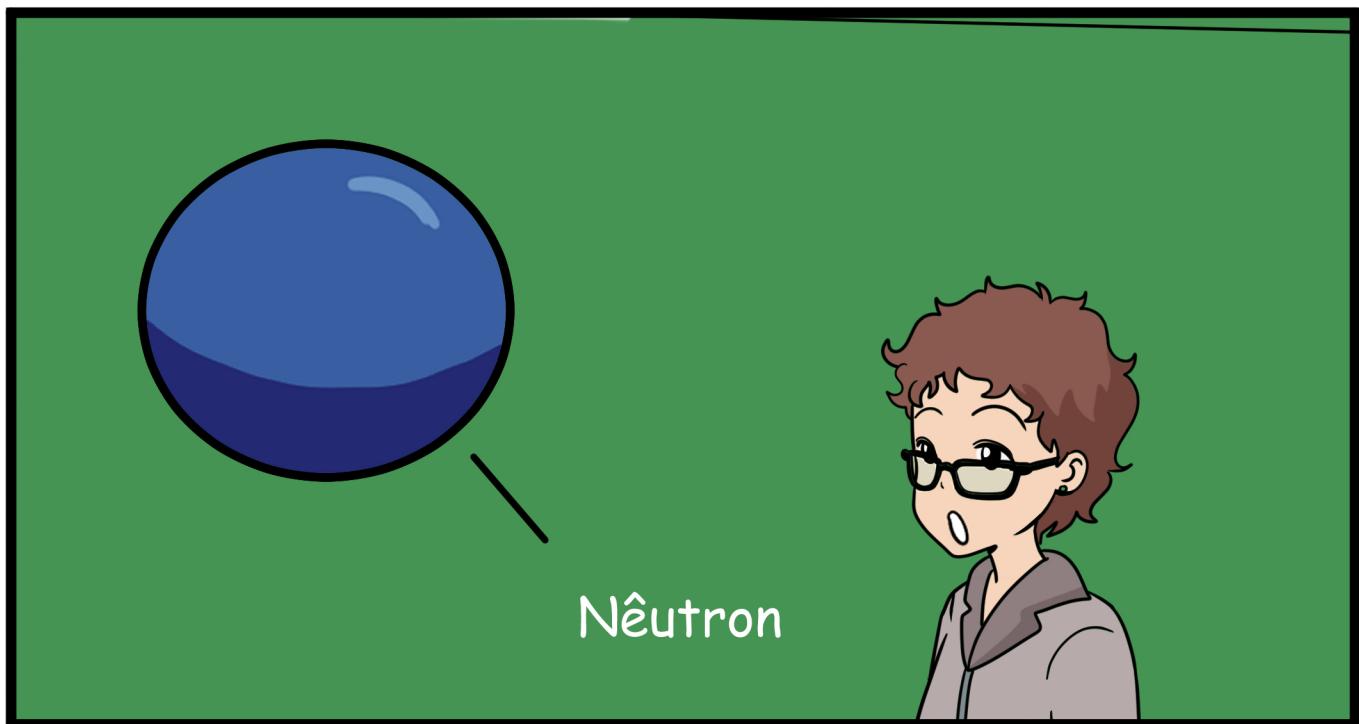
– Uau! – diz Luísa, enquanto percorre com seus dedos o modelo de núcleo atômico dado pela profe Marta.

– Dentro do núcleo há prótons e nêutrons. Enquanto os prótons têm carga elétrica positiva, os nêutrons não têm carga elétrica.

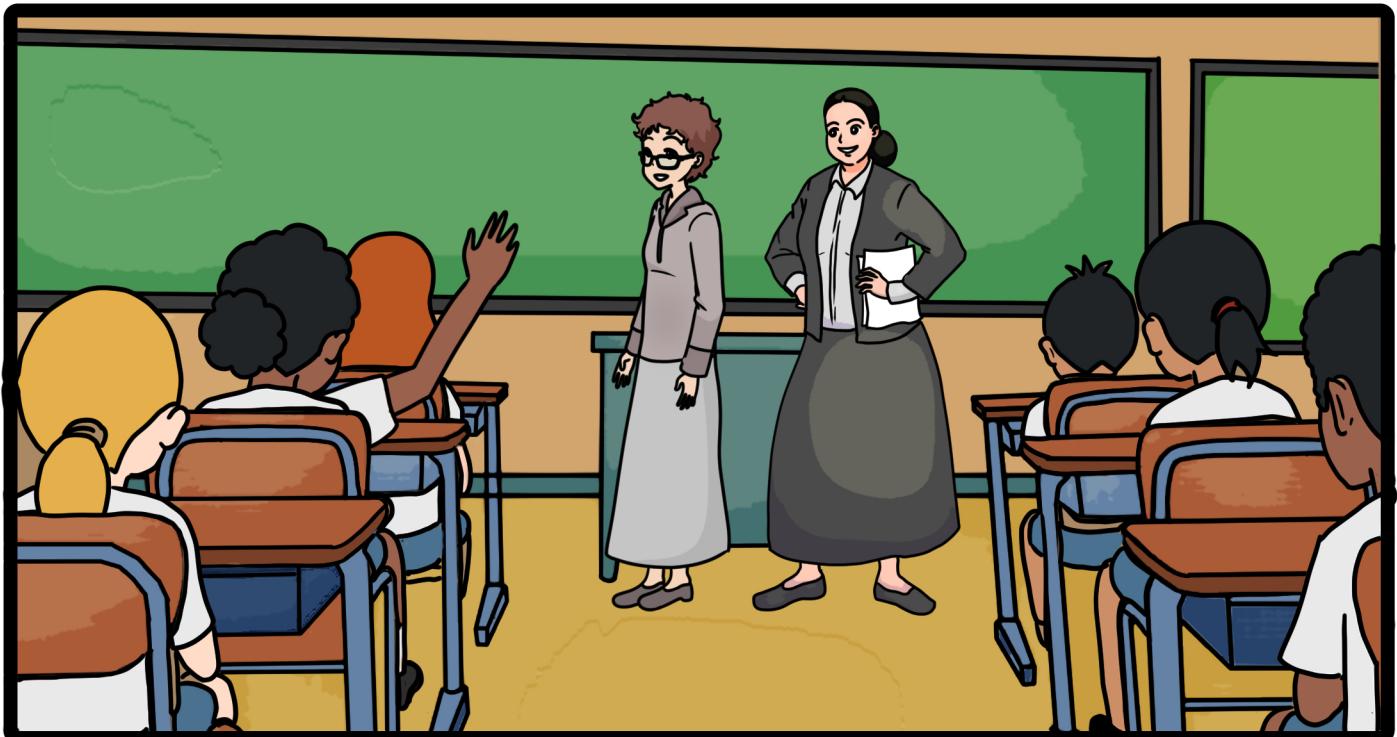


– Isso eu já sabia! – diz Luísa bem baixinho no ouvido da amiga Valéria, sentada a seu lado.

– Os nêutrons só foram descobertos algum tempo depois dos prótons. Quem descobriu foi um cientista chamado James Chadwick. Prótons e nêutrons estão todos bem unidos dentro do núcleo. Alguém saberia dizer algo sobre essa união improvável?



Então Luísa no mesmo instante ergue a mão. A professora, toda orgulhosa, dá a palavra à menina, que, com muito esmero, explica aquilo que tinha aprendido sobre “abraço nuclear agarradinho” e força nuclear forte e glúons e energia nuclear. A cientista, impressionada, disse que é tudo bem desse jeito. Luísa então é aplaudida pela turma e fica toda emocionada pelo reconhecimento.



- Como você se chama? - pergunta a doutora Paula.
- Meu nome é Luísa e adoro esse assunto.
- Que bom, Luísa! Olha, meus parabéns! Você entendeu direitinho o que é a “força nuclear forte”.
- Obrigada!
- Você sabia que também existe uma “força nuclear fraca”?

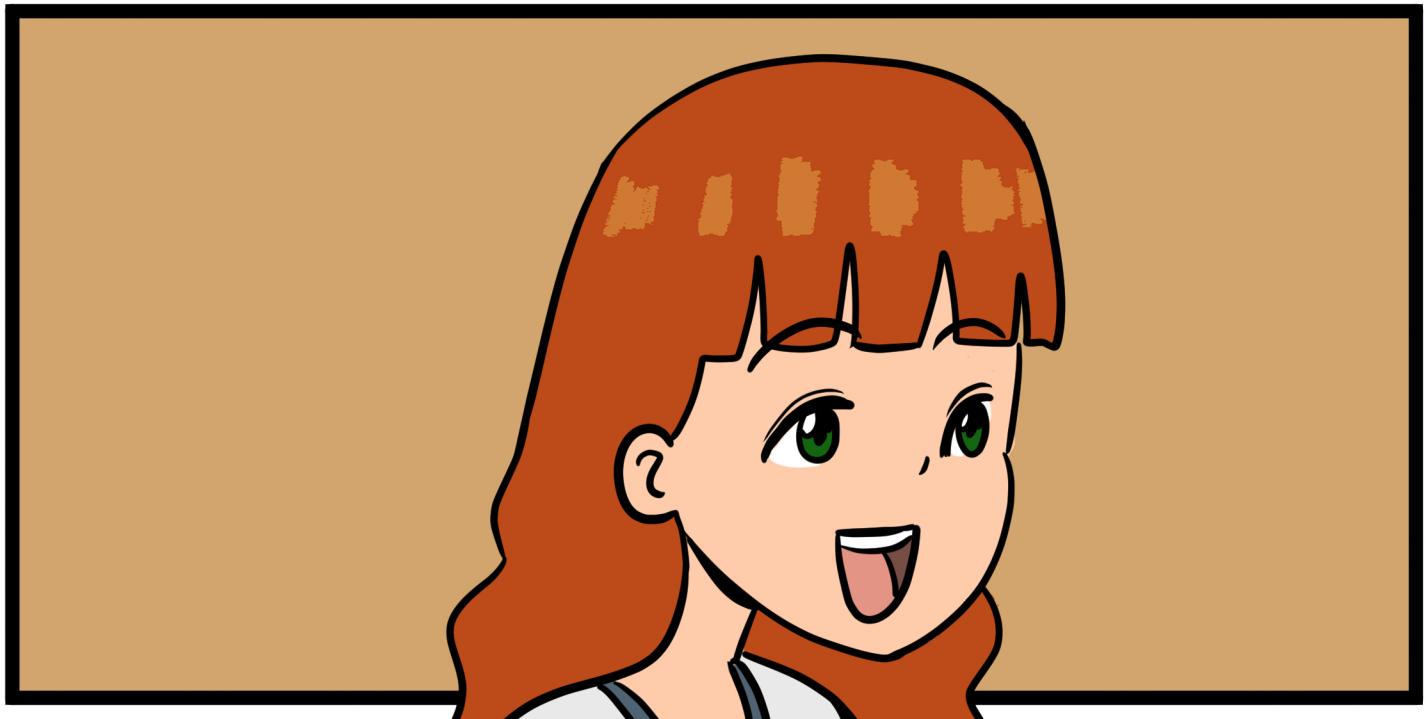


– Explique-nos agora! – pede Vitória com convicção.

A doutora Paula imediatamente apresenta um slide com a figura da cientista Marie Curie.

– Vocês já ouviram falar em radioatividade? – pergunta solenemente.

– Sim! – responde praticamente em uníssono a turma de Luísa.



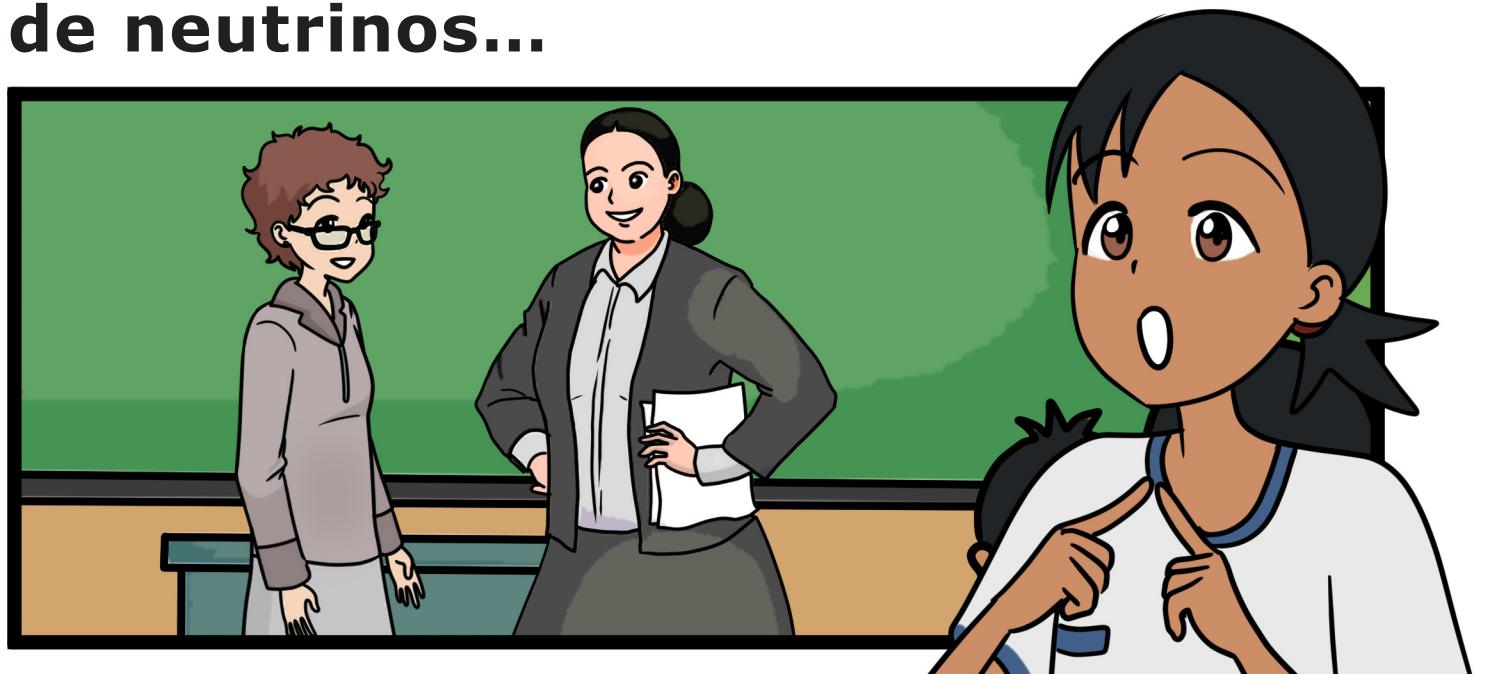
- Uma das primeiras pessoas a descobrir materiais radioativos foi **Maria Skłodowska Curie, ganhadora de dois prêmios Nobel.**
- Uau! Que nome difícil, mas que cientista perfeita! – comenta uma irradiante Luísa.
- Na França ela era conhecida como **Marie Curie** – continua a doutora Paula. – E ela percebeu que materiais radioativos são aqueles que emitem uma “luz natural”, como se produzissem energia do nada.



- **Mas isso é possível? Produzir energia do nada? – pergunta Luísa ansiosamente.**
- **Não, isso não possível. A energia nunca é criada do nada!**
- **A energia nunca é criada do nada... – repete baixinho Luísa.**
- **Um dia fizeram a ligação do brilho desses materiais com a ciência nuclear – continua a doutora Paula.**



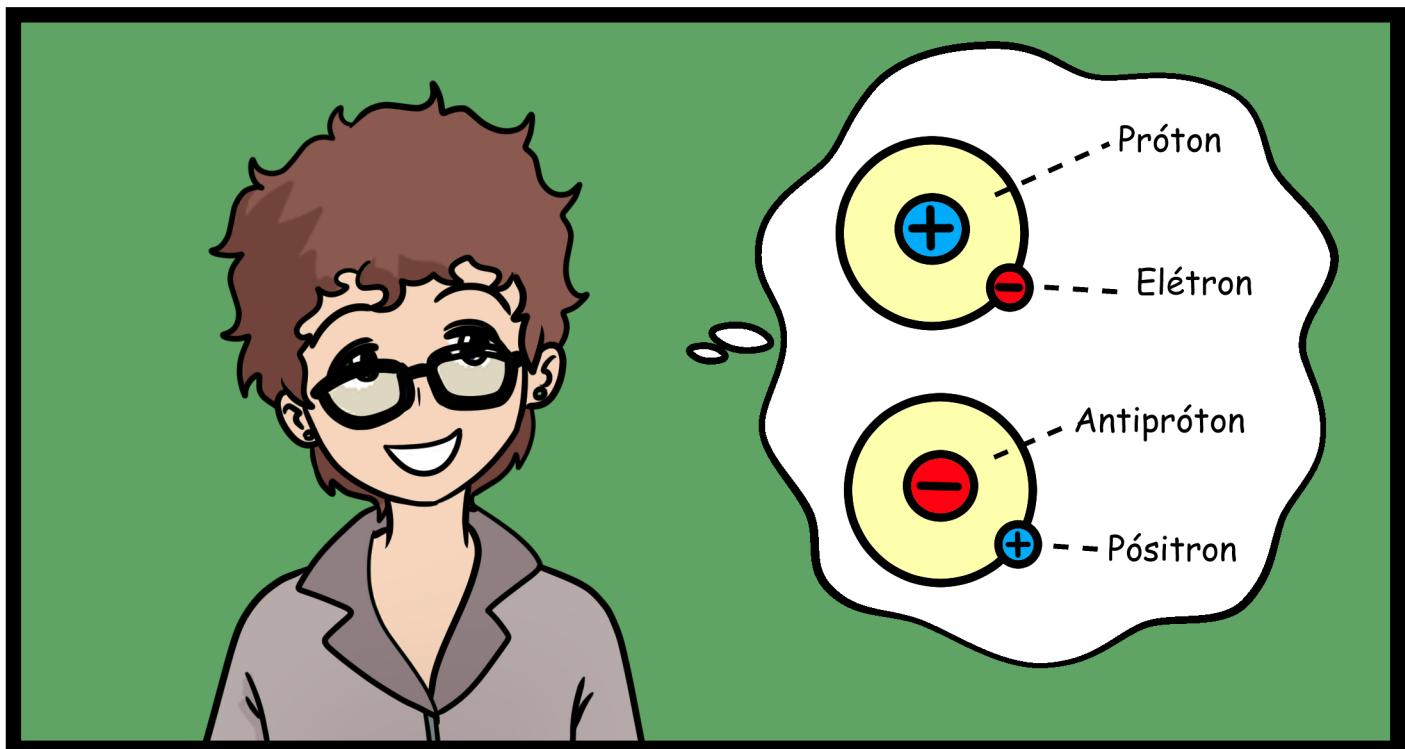
- O que acontece é que lá no núcleo de materiais com muitos nêutrons e prótons ocorrem transformações que as pessoa nunca imaginariam.
- Como assim? – pergunta Valéria, curiosa.
- É que lá dentro do núcleo existe a tal “força nuclear fraca” que dá “empurrõezinhos” que transformam nêutrons em prótons mais elétrons. E prótons em nêutrons mais antielétrons. Tudo isso acompanhado de neutrinos...



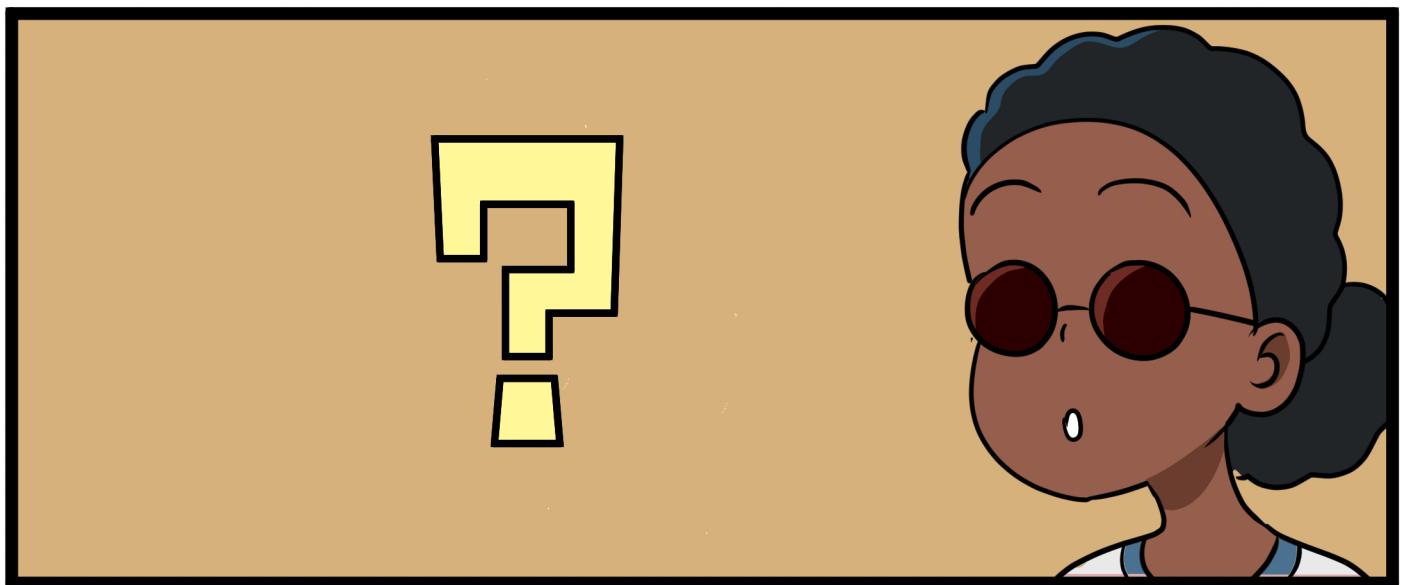
– Antielétrons? – pergunta subitamente Vitória.

– Neutrinos? – emenda Roberto imediatamente.

– Sim, isso existe, mas não vamos conversar muito sobre eles hoje. Basta vocês saberem que antielétrons são elétrons com carga positiva. Eles também são chamados pósitrons.



- E os neutrinos? – pergunta Luísa.
- São partículas “fantasma” que nos atravessam a todo instante... Mas também não é o foco de nossa explicação por enquanto.
- Vixe, quanto nome complicadoooo! – exclama Valéria.
- E quanta transformação complicada!
- completa Luísa. – Mas esses empurrõezinhos dados pela “força fraca”... eles liberam energia? São eles que fazem a radioatividade “brilhar”?

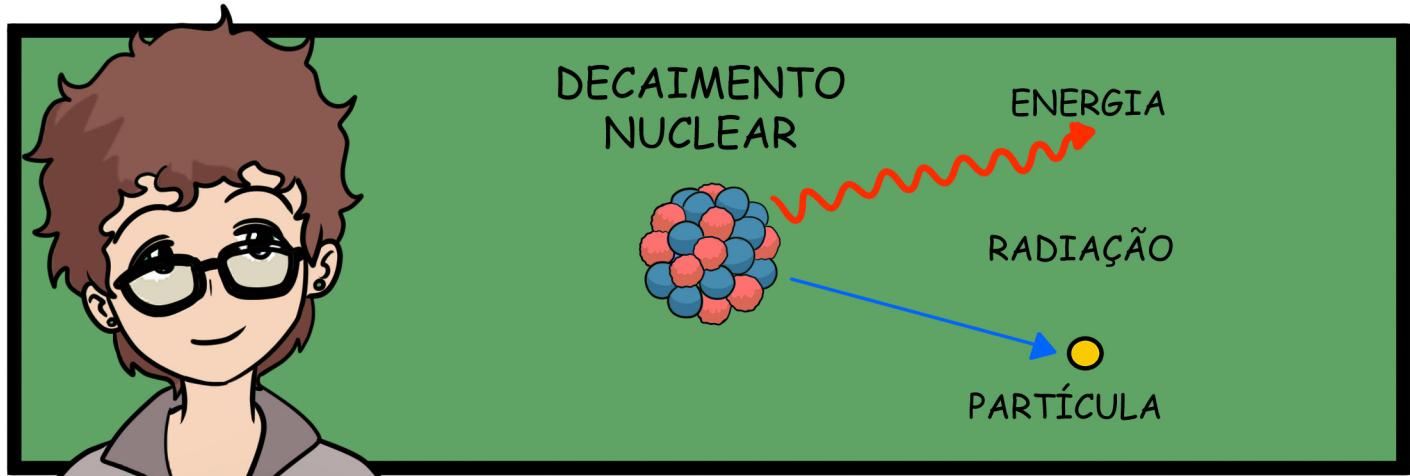


A doutora Paula abre um sorriso e responde:

– Exatamente, Luísa! Quando esses empurrõezinhos da força nuclear fraca acontecem, as partículas se transformam, alguns daqueles abraços entre as partículas do núcleo se tornam mais fracos e partículas começam a escapar, deixando o núcleo mais leve.

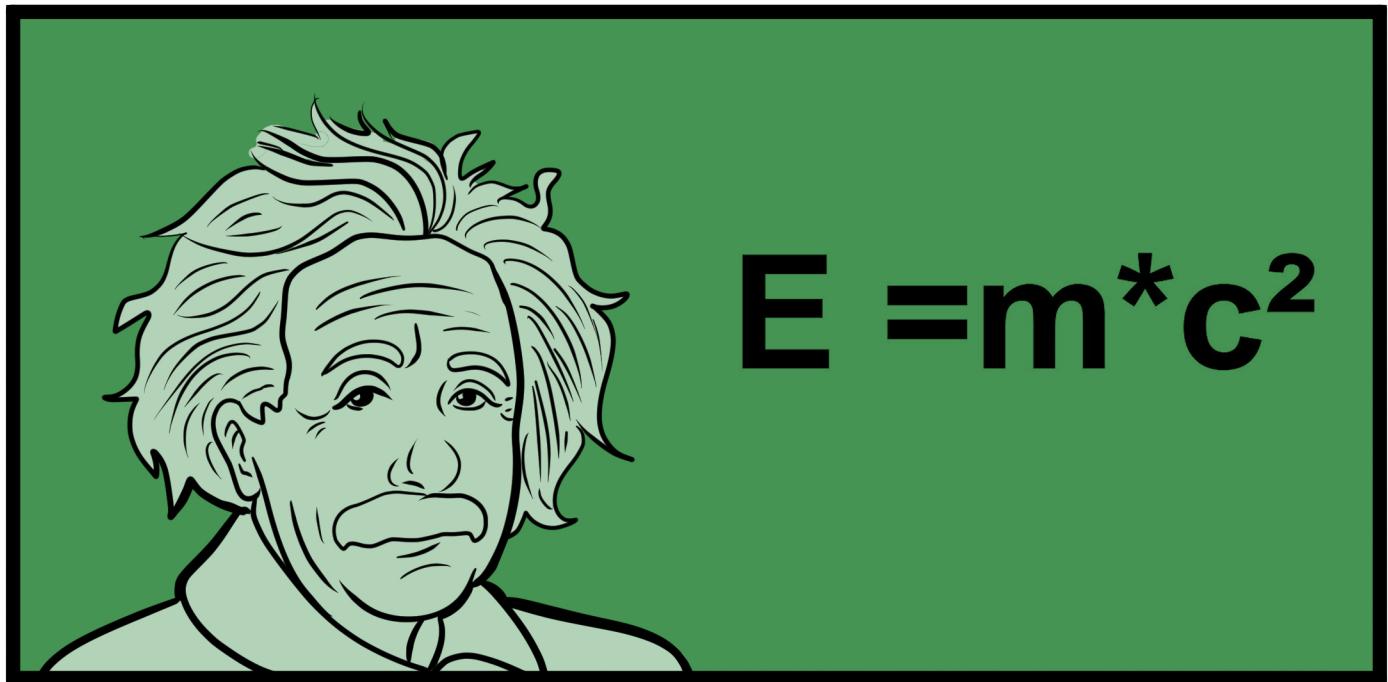
– Mais leve?

– Sim. O núcleo fica mais leve depois que partículas e energia escapam dele. Isso é mais conhecido como “decaimento nuclear”.

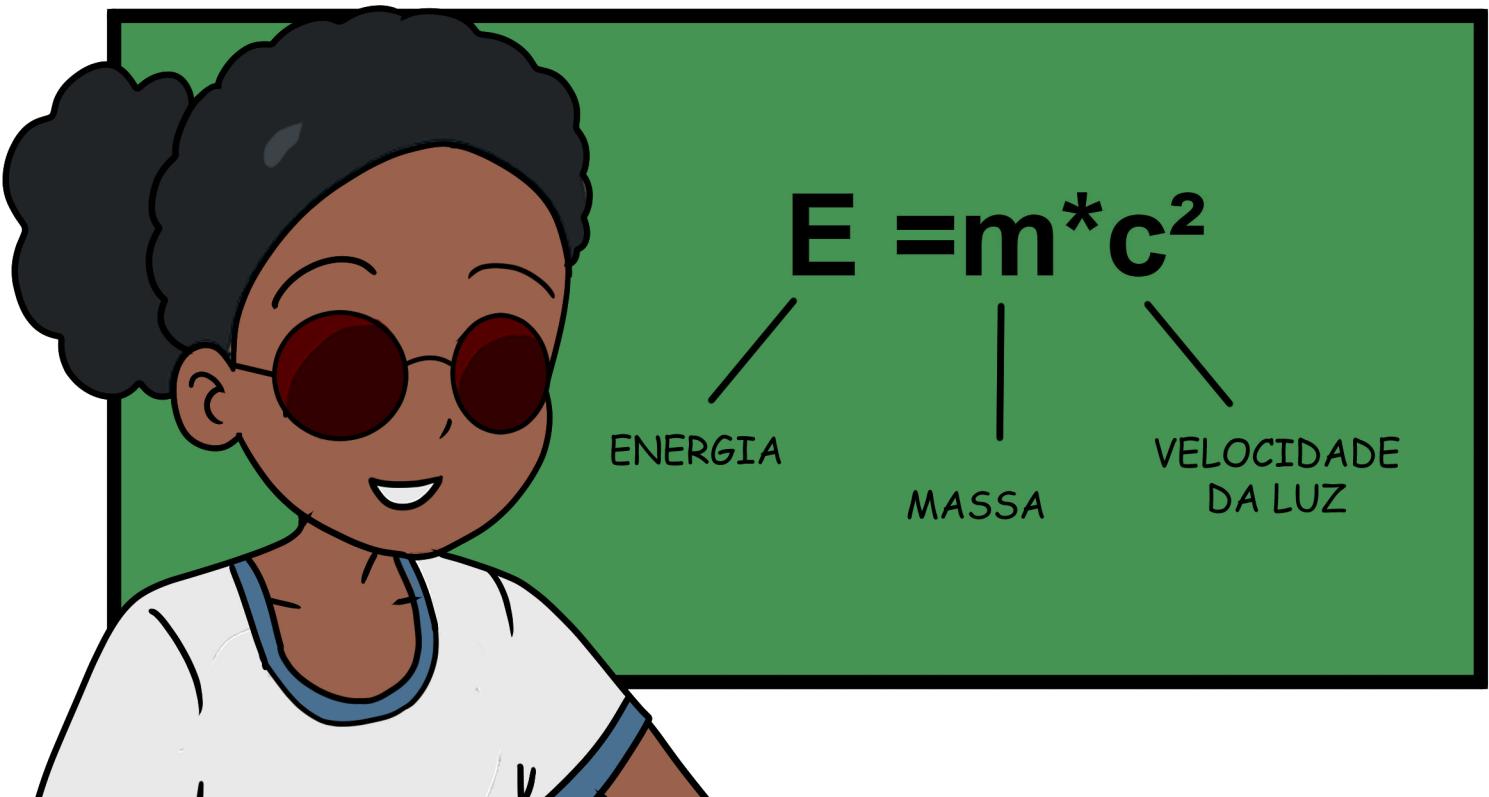


– E é isso que explica a radioatividade. E quando o núcleo fica mais leve, o elemento original se transforma em outro elemento químico. E o tanto de matéria que “some” no processo, na verdade vira energia, seguindo aquela famosa fórmula de Einstein.

Ao dizer isso, a doutora Paula escreve bem grande no quadro, dizendo devagar cada passo da fórmula, para que Luísa não perca nada: $E = m \cdot c^2$



- A letra “E” é de energia. A letra “m” é da massa que “sumiu” no processo. E a letra “c” é o valor da velocidade da luz. Na fórmula ela está elevada ao quadrado. Essa fórmula diz pra gente quanta energia é liberada de um núcleo radioativo quando ele decai.
- Nossa, que legal! A fórmula do Einstein! – exclama Luísa ao reconhecer, pelas explicações da doutora Paula, a famosa fórmula.



À noite, em casa, depois da janta, Luísa vai logo contando a tia Bea tudo o que se passou naquele dia. Disse que aprendeu na escola a famosa fórmula de Einstein. E disse bem alto pra todo mundo ouvir

“E” é igual a “eme” vezes “cê ao quadrado”

– Onde “E” é a energia, “eme” é a massa que “sumiu” no decaimento do núcleo e “cê ao quadrado” é a velocidade da luz ao quadrado.

– Que incrível que você aprendeu isso hoje, Luísa! - diz tia Bea toda feliz.



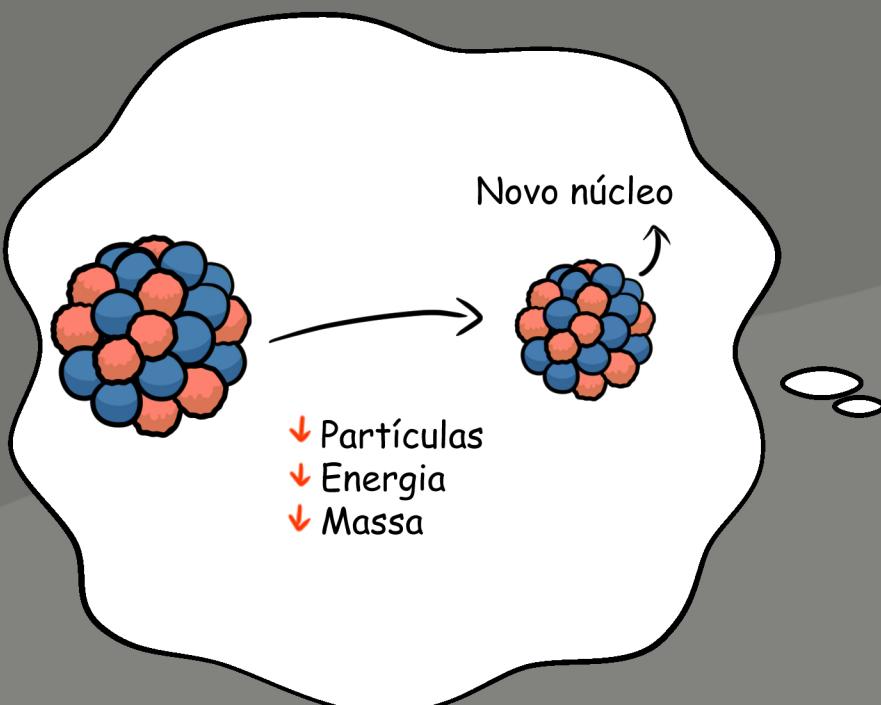
– Eu não entendi direito... mas a doutora que foi lá, doutora Paula, veio de um lugar chamado CERN...

– Uau! Você conheceu uma cientista do CERN? Essa sua escola está de parabéns!

– Então, tia Bea. Ela falou que tem uma força lá “dentro” do núcleo que transforma nêutrons em prótons ou prótons em nêutrons... E pode ser que no processo nêutrons e prótons se separem. Não entendi direito... é isso mesmo?



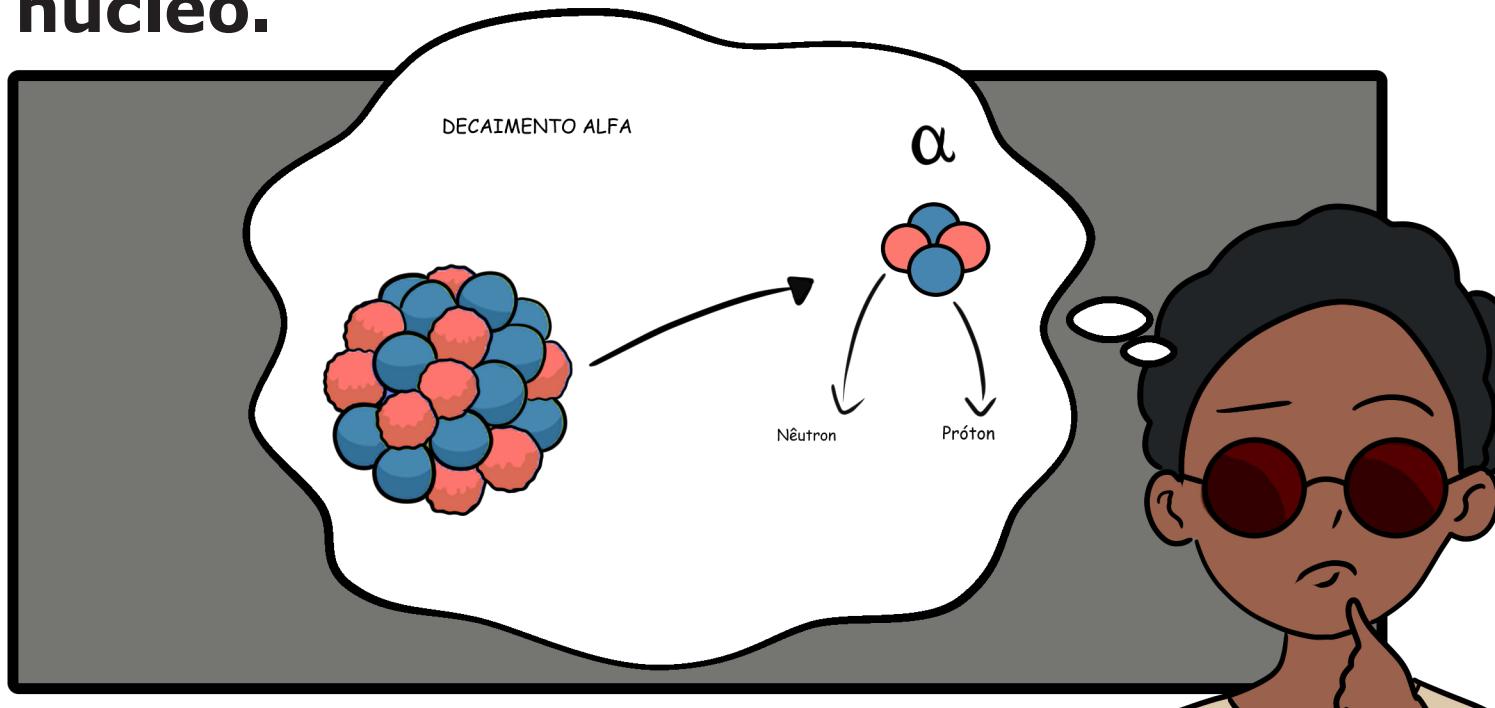
- Uma força dentro do núcleo? Qual o nome que ela deu a essa força?
- Força nuclear fraca.
- Ah, bom, interessante! Tudo é bem mais complicado que isso, mas é uma explicação interessante. Realmente, essa força nuclear fraca causa transformações dentro do núcleo. No processo pode ser que o núcleo perca partículas, perca massa, perca energia... e se transforme no núcleo de um novo elemento químico.



Tia Bea então explica bem direitinho. Enquanto isso, Luísa cria um esquema mental para tentar entender cada passo. Ela visualiza as partículas descritas e como os decaimentos nucleares ocorrem.

– Há a situação em que o núcleo perde dois prótons e dois nêutrons. Isso é chamado “decaimento alfa”.

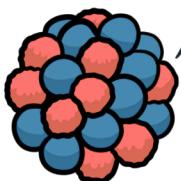
Então Luísa desenha em sua mente a tal partícula alfa saindo de dentro do núcleo.



- Há a situação em que o núcleo libera elétrons ou antielétrons depois que prótons ou nêutrons se transformam. Esse é o “decaimento beta”. A força fraca participa diretamente desse decaimento. E tem vezes em que há transformações em que o núcleo libera partículas de luz, os fótons. Esse é o “decaimento gama”. Esse decaimento libera bastante energia!

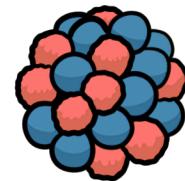
- Que legal! - exclama Luísa, desenhando em sua mente também os decaimentos beta e gama.

DECAIMENTO BETA



Elétrons

DECAIMENTO GAMA



Fóton

- Há vezes em que o núcleo simplesmente libera nêutrons. Ele fica tão pesado, tão instável, que não consegue manter unidos todos os seus nêutrons e prótons. Quando o núcleo vai liberando essas partículas, ele também libera a energia daqueles “abraços” que as partículas estavam se dando. A energia de um “abraço desfeito”.
- A energia de um “abraço desfeito”...
- repete Luísa baixinho.

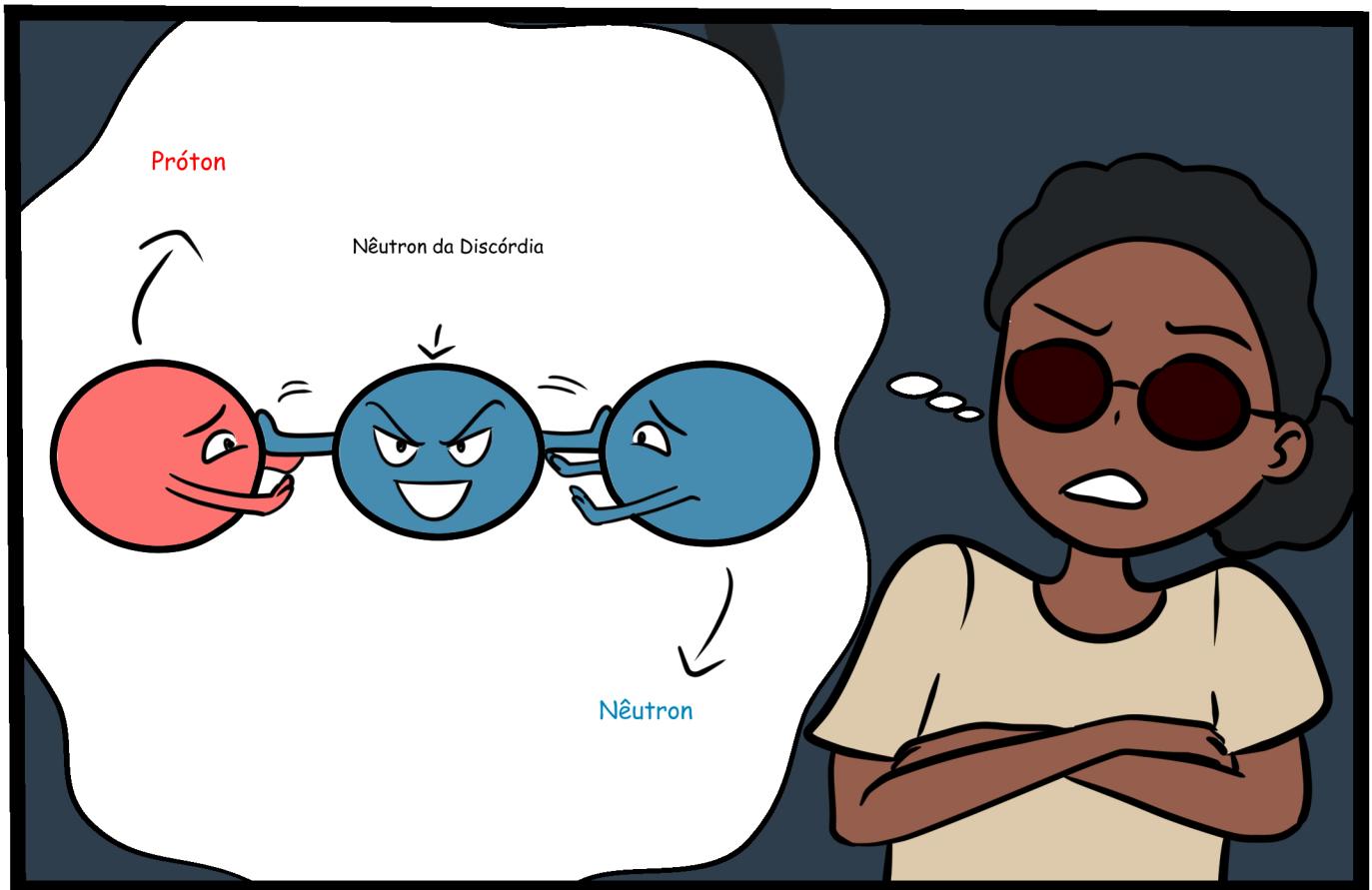


Tia Bea e Luísa vão para o quintal para continuar a conversa. Tia Bea então continua:

- Sabe, às vezes, há nêutrons intrometidos...**
- Nêutrons intrometidos? – pergunta Luísa, curiosa.**
- São nêutrons que ficam perambulando entre os núcleos atômicos. Eles são nêutrons lentos, que querem entrar nos núcleos para criar discórdia e quebrar o maior número de abraços que for possível.**



- Nossa, nêutrons mais que intrometidos! Nêutrons da discórdia! Eles existem mesmo, tia Bea?
- Sim, eles existem, mas são muito raros. Os seres humanos geralmente criam as condições para esses nêutrons da discórdia em laboratório...
- Por quê? Como assim?



- É que esses nêutrons da discórdia precisam entrar sorrateiramente em núcleos pesados muito específicos. Núcleos pesados cujos abraços de nêutrons e prótons não são tão firmes... Por exemplo, núcleos do elemento Urânio 235. Bom, o que acontece é que esses nêutrons intrometidos e sorrateiros entram nesses núcleos pesados e criam uma confusão lá dentro, conseguindo desfazer muitos abraços.



- Não! Não gostei dos nêutrons da discórdia! – exclama Luísa, revoltada.
- Pois é, Luísa. Quando os nêutrons da discórdia são bem sucedidos, muitos abraços são desfeitos e muita energia é liberada. E pode ser que os abraços desfeitos gerem novos nêutrons da discórdia.
- Não!
- Os novos nêutrons da discórdia entram sorrateiramente em mais núcleos e desfazem mais abraços, criando uma reação em cadeia de abraços desfeitos.

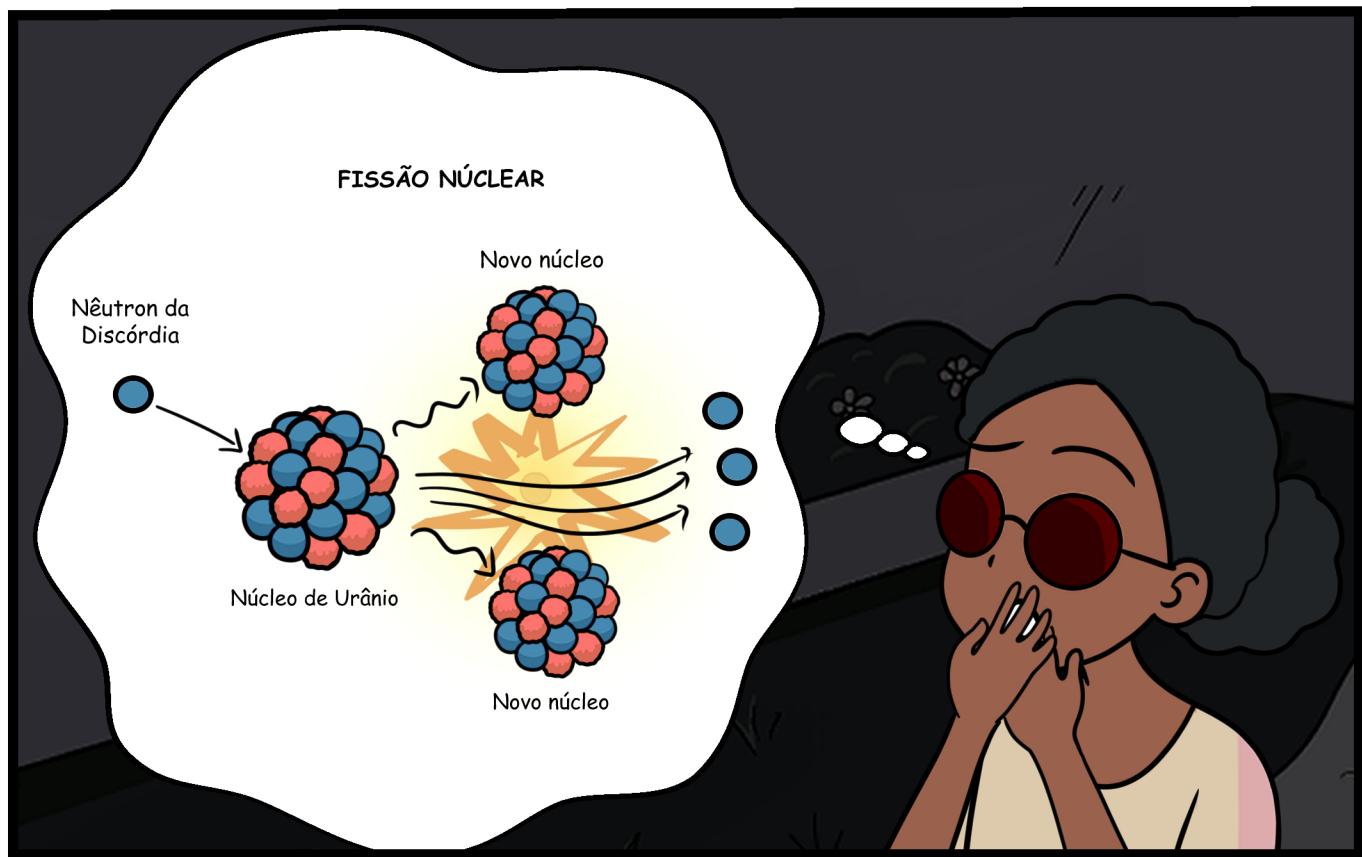


- Uma reação em cadeia de abraços desfeitos?
- Sim, uma reação em cadeia que quebra muuuitos núcleos, liberando muita energia. O nome disso é “fissão nuclear”. E essa energia pode ser usada para produzir eletricidade. A energia produzida nas usinas nucleares! Mas ela também pode ser usada para construir uma bomba...
- Não! – exclama mais uma vez Luísa, dessa vez com uma pequena lágrima nos olhos.



– Uma bomba atômica... – completa tia Bea reticenciosamente.

Luísa recria em sua mente todo o processo descrito por tia Bea. E vê nêutrons da discórdia entrando em Urâniros, quebrando os núcleos, liberando energia dos abraços perdidos e mais nêutrons da discórdia que por sua vez entrarão em mais Urâniros.



**E pensa no estrondo e na explosão
e na destruição que isso pode criar.
Esconde o rosto por entre suas mãos,
ela está triste e chora só de pensar.**



Tia Bea a abraça, acalenta a sobrinha com uma carinho e comenta:

– A Ciência às vezes tem dessas coisas, querida. O ser humano pode usar a mesma Ciência Nuclear para criar, mas também destruir. Por isso os cientistas precisam ser éticos e responsáveis. Para nem gerar destruição, nem tristeza.



**As duas terminam a noite assim,
abraçadas e em silêncio. Um abraço
apertado, tão cheio de energia.**



BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, M.F.S; VIVAS, P.G.; SILVA. S.L.L. A história do átomo: uma abordagem profunda e interdisciplinar para o ensino médio. *A Física na Escola*, v. 20, n. 1, 2022.

ANJOS, R. C.; NUNES, M.A.S.N.; SANTOS, A. C. ALMANAQUE PARA POPULARIZAÇÃO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO Série 10: Mulheres Empoderadas Volume 3: A astrofísica Rita de Cássia dos Anjos e sua trajetória energética em busca da compreensão do Universo em altas energias. 1. ed. Porto Alegre: SBC, 2022, v.3. p.28.

MARTINS, J.B. A História do Átomo - De Demócrito aos Quarks. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2001.

PIRES, A.T.S. Evolução das Ideias da Física. São

Paulo: LF Editorial, 2011 2^a ed.

ROCHA, J.F.; PONCZECK, R.I.L.; PINHO, S.T.R;
ANDRADE, R.F.S; JÚNIOR, O.F.; FILHO, A.R. Origens
e Evolução das Ideias da Física. Salvador: EDUFBA,
2002.

Mais gibis em:

<http://almaniquesdacomputacao.com.br/>
[http://almaniquesdacomputacao.com.br/
gutanunes/publication.html](http://almaniquesdacomputacao.com.br/gutanunes/publication.html)

SOBRE OS AUTORES



Carlos Henrique Coimbra Araújo

Possui graduação em Engenharia Elétrica, com habilitação em Eletrônica, pela Universidade Federal de Pernambuco (2001), mestrado em Astronomia pela Universidade de São Paulo, USP (2005) e doutorado em Física pela Universidade Estadual de Campinas, Unicamp (2009). Já realizou estágios no Cavendish Laboratory da Universidade de Cambridge (Inglaterra) e no Instituto de Estudos Espaciais da Catalunha (Barcelona). Atualmente é Professor Associado da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Nesta instituição participa como coordenador ou colaborador de projetos de pesquisa, ensino e extensão. Foi Conselheiro do CEPE/

2017 e 2019-2021 (e presidente da 3a Câmara do CEPE). É membro do Programa de Pós-Graduação em Física Aplicada da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila). É membro do Núcleo de Pesquisa e Inovação “Fenômenos Extremos do Universo” da Fundação Araucária-Paraná, do Núcleo de Pesquisa e Inovação “Emergência Climática” da Fundação Araucária-Paraná, e do consórcio científico internacional CTA (Cherenkov Telescope Array, Heidelberg, Alemanha).

Lattes:<http://lattes.cnpq.br/745323355722472>



Rita de Cassia dos Anjos
Bolsista de Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2

Possui graduação em Física Biológica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2007) e mestrado

(2009) e doutorado (2014) em Física pela Universidade de São Paulo, São Carlos. Desde agosto de 2014 é professora doutora da Universidade Federal do Paraná no Setor Palotina. Trabalha com raios cósmicos de energias até 100 EeV (Observatório Pierre Auger) e energias entre 10GeV e 100TeV (Cherenkov Telescope Array - CTA). Tem experiência na área de astropartículas, com ênfase na propagação de raios cósmicos, aceleração e interações de partículas cósmicas e fontes de partículas multimensajeiras: supernovas, Galáxias Starburst e rádio, AGNs e objetos compactos. É membro do Observatório de Raios Cósmicos Pierre Auger, em Malargue, na Argentina, desde 2014 é membro do Observatório Cherenkov Telescope Array - CTA desde 2015. Em 2020 foi vencedora do prêmio Programa para Mulheres na

promovido pela L'Oréal Brasil, Unesco Brasil e Academia Brasileira de Ciências. Em 2021 tornou-se membro afiliado da Academia Brasileira de Ciências. Em 2022 conquistou o Prêmio Anselmo Salles Paschoa, da Sociedade Brasileira de Física. Em 2023 recebeu homenagem da UFR na categoria pesquisadora destaque. Lattes:<http://lattes.cnpq.br/5775617413825711>



**Maria Augusta Silveira
Netto Nunes**
Bolsista de Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 1C - Programa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial

Professor Associado IV do Departamento de Computação da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Membro permanente no Programa de Pós-graduação em Informática PPGI (UNIRIO). Pós-doutora

pelo laboratório LINE, Université Côte d'Azur/Nice Sophia Antipolis/ Nice-França (2019). Pós-doutora pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) (2016). Doutora em "Informatique pela Université de Montpellier II - LIRMM em Montpellier, França (2008). Realizou estágio doutoral (doc-sanduíche) no INESC-ID- IST Lisboa-Portugal (ago 2007-fev 2008). Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (1998) . Graduada em Ciência da Computação pela Universidade de Passo Fundo-RS (1995) . É bolsista produtividade DT-CNPq. Recebeu em 2022 o Prêmio Tércio Pacitti em Inovação para Educação em Ciência da Computação pelo projeto Almanaques para Popularização de Ciência da Computação. Atualmente, suas pesquisas estão voltadas, principalmente, no uso de HQs

na Educação e Pensamento Computacional para o desenvolvimento das habilidades para o Século XX! Atua também em Propriedade Intelectual para Computação, Startups e empreendedorismo. Criou o projeto “Almanaques para Popularização de Ciência da Computação” chancelado pela SBC,

<http://almanaquesdacomputacao.com.br/>
<http://scholar.google.com.br/citations?user=rte6o8YAAAAJ>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9923270028346687>



José Humberto dos Santos Júnior

Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Sergipe - UFS (2023), com uma sólida experiência de sete anos como ilustrador digital e

quadrinista.

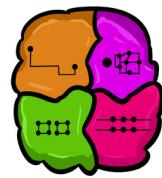
Lattes:<http://lattes.cnpq.br/9144803555676838>

AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária, UFPR, FAPESP,
CNPq, CAPES, SBC,
BSI/PPGI-UNIRIO.

APOIO

CONTEÚDO INTELECTUAL DE VEICULAÇÃO GRATUITA, SUA VENDA É PROIBIDA.



ISBN 978-857669645-2

9 788576 696452

Acesse:
almanaquedacomputacao.com.br