



# Torneio de Física para Meninas 2024

Problemas e soluções



**ALECE**

ASSOCIAÇÃO  
LEGISLATIVA  
DO ESTADO  
DO CEARÁ



Copyright by Inesp © 2025  
**INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE O  
DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ  
- INESP**

Diretor-Executivo do Inesp  
**João Milton Cunha de Miranda**

Articulador  
**Emandes do Carmo**

Assistente Editorial  
**Valquíria Moreira / Rachel Garcia**

Supervisão de Design  
**Valdemice Costa de Sousa (Valdo)**

Designer Gráfico  
**Valdério da Costa**

**\*\*\* DISTRIBUIÇÃO GRATUITA \*\*\***

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS ÀS EDIÇÕES INESP.  
A presente obra não poderá ser comercializada e sua reprodução,  
total ou parcial, por quaisquer meios reprográficos ou digitais,  
deverá ter a autorização prévia das Edições Inesp.

Catalogado por Daniele Sousa do Nascimento CRB-3/1023

M634t

Miguez, Maria Luiza.

Torneio de física para meninas 2024 [livro eletrônico]: problemas e soluções / Maria Luiza Miguez, Nara Martini Bigolin, Fernando Wellysson de Alencar Sobreira, Klaus Werner Capelle. – Fortaleza: INESP, 2025.

168 p. : il. color. ; 4500 KB ; PDF

ISBN : 978-656094-083-3

I. Física – problemas e exercícios. I. Bigolin, Nara Martini. II. Sobreira, Fernando Wellysson de Alencar. III. Capelle, Klaus Werner. IV. Ceará. Assembleia Legislativa. Instituto de Estudos e Pesquisas sobre o Desenvolvimento do Estado. V. Título.

CDD 530.1



## **TORNEIO DE FÍSICA PARA MENINAS 2024**

Problemas e soluções

Maria Luiza Miguez  
*IFNMG, Januária/MG*

Nara Martini Bigolin  
*UFMS, Frederico Westphalen/RS*

Fernando Wellysson de Alencar Sobreira  
*IFCE, Itapipoca/CE*  
*IIF - UFRN, Natal/RN*

Klaus Werner Capelle  
*UFABC, Santo André/SP*  
*IIF - UFRN, Natal/RN*





## Palavra do Presidente da Alece

A democracia não é um estado de maturidade nacional e institucional que se instala, e se preserva pela sua própria natureza, sem que precisemos nos manter vigilantes a fim de combater ataques e construí-la cotidianamente.

E como as gerações mudam, os jovens de hoje precisam aprender com os jovens de ontem que o Parlamento é a expressão mais fiel do poder democrático da população. Os debates, os perfis dos e das parlamentares, as leis produzidas, são resultados do que somos na nossa essência.

Manifesto gratidão aos meus pares, cujos votos me colocaram à frente do Legislativo cearense exatamente nesta celebração de 190 anos do Parlamento. Celebração que é o resultado da continuidade de um processo democrático iniciado em 1835, e é cheio de ranhuras, a exemplo de ditaduras, golpes, uma cruel pandemia, e o doloroso incêndio do Plenário 13 de Maio – o coração dos nossos mandatos. Ranhuras que vamos enfrentando, resistindo e nos reconstruindo com bravura.

Não somos mais a Província do Ceará. Contudo, não podemos esquecer, foi lá que o senador José Martiniano de Alencar plantou a semente da casa em que agora podemos ver germinar uma comissão temática dos direitos e defesas da mulher cearense – um marco moderno e necessário.

Portanto, com firmeza, gentileza, educação e ternura, respeitamos o passado, para construir um futuro melhor. A assembleia que chega aos 190 anos como uma das mais transparentes do país deverá trabalhar para ser a mais transparente do Brasil.

Porque nosso passado e nosso futuro é ousar. O Ceará, que é referência na educação brasileira, não vê fronteiras como barreiras, mas sim como desafios a serem superados. E seguiremos em frente. Tenham certeza.

Deputado Estadual Romeu Aldigueri

PRESIDENTE DA ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO CEARÁ



## Palavra do Diretor-Executivo do Inesp

O Instituto de Estudos e Pesquisas sobre o Desenvolvimento do Estado do Ceará (Inesp), criado em 1988, é um órgão técnico e científico de pesquisa, educação e memória. Ao idealizar e gerenciar projetos atuais que se alinhem às demandas legislativas e culturais do estado, objetiva ser referência no cenário nacional.

Durante seus mais de 30 anos de atuação, o Inesp prestou efetiva contribuição ao desenvolvimento do estado, assessorando, por meio de ações inovadoras, a Assembleia Legislativa do Estado do Ceará (Alece). Dentre seus mais recentes projetos, destacam-se o Edições Inesp e o Edições Inesp Digital, que têm como objetivos editar livros, coletâneas de legislação e periódicos especializados. O Edições Inesp Digital obedece a um formato que facilita e amplia o acesso às publicações de forma sustentável e inclusiva. Além da produção, revisão e editoração de textos, ambos os projetos contam com um núcleo de design gráfico.

O Edições Inesp Digital já se consolidou. A demanda por suas publicações alcançou uma marca de 5 milhões de downloads. As estatísticas demonstram um crescente interesse nas publicações, com destaque para as de Literatura, Ensino, Legislação e História, estando a Constituição Estadual e o Regimento Interno entre os primeiros colocados.

*Torneio de Física para Meninas 2024 - Problemas e Soluções* é mais uma obra do diversificado catálogo de publicações do Edições Inesp Digital, que, direta ou indiretamente, colaboram para apresentar respostas às questões que afetam a vida do cidadão.

Professor Dr. João Milton Cunha de Miranda

DIRETOR-EXECUTIVO DO INESP



# Sumário

|                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Introdução</b>                                                   | <b>15</b>  |
| <b>Apresentação do torneio</b>                                      | <b>17</b>  |
| Quem é Yvonne Mascarenhas? . . . . .                                | 19         |
| Movimento Meninas Olímpicas . . . . .                               | 23         |
| Papel do IIF no TFM . . . . .                                       | 28         |
| Estrutura da competição . . . . .                                   | 31         |
| <b>1ª fase do TFM - Nível A</b>                                     | <b>33</b>  |
| <b>1ª fase do TFM - Nível B</b>                                     | <b>53</b>  |
| <b>2ª fase do TFM - Nível A</b>                                     | <b>75</b>  |
| Problema 1 - Rede cristalina . . . . .                              | 77         |
| Problema 2 - Modelo de Drude . . . . .                              | 80         |
| Problema 3 - Uma questão de escala . . . . .                        | 83         |
| Problema 4 - Equilíbrio com polias . . . . .                        | 86         |
| Problema 5 - Modelo de Sommerfeld para o calor específico . . . . . | 89         |
| <b>2ª fase do TFM - Nível B</b>                                     | <b>93</b>  |
| Problema 1 - Rede cristalina . . . . .                              | 95         |
| Problema 2 - Modelo de Drude . . . . .                              | 98         |
| Problema 3 - Transição sólido-líquido . . . . .                     | 102        |
| Problema 4 - Um sistema de blocos e polias . . . . .                | 105        |
| Problema 5 - Modelo de Debye para o calor específico . . . . .      | 110        |
| <b>Estudantes medalhistas</b>                                       | <b>113</b> |
| 8º ano do Ensino Fundamental . . . . .                              | 115        |
| 9º ano do Ensino Fundamental . . . . .                              | 120        |
| 1º ano do Ensino Médio . . . . .                                    | 127        |
| 2º ano do Ensino Médio . . . . .                                    | 134        |
| 3º e 4º anos do Ensino Médio . . . . .                              | 145        |

---

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| <b>Estatísticas de participantes</b> | <b>155</b> |
| Estudantes inscritas . . . . .       | 157        |
| Participantes da 2ª fase . . . . .   | 159        |
| Estudantes medalhistas . . . . .     | 161        |
| <b>Comissão organizadora</b>         | <b>165</b> |

# Introdução

Este livro foi concebido com a ideia de dar visibilidade à 2ª edição da primeira Olimpíada de Física, exclusivamente, para meninas, realizada no Brasil, o Torneio de Física para Meninas - TFM. Embora a física seja, obviamente, uma ciência universal, independente do gênero, o acesso à física é uma construção humana e reflete a realidade social, com uma forte sub-representação feminina nas ciências exatas. A esperança para o TFM é que essa competição seja mais um elemento de incentivo para que as meninas possam descobrir sua vocação, mostrar suas habilidades e iniciar as suas carreiras nas áreas das ciências exatas.

Neste livro são apresentados aspectos gerais da competição, incluindo o motivo da sua criação, o envolvimento do Movimento Meninas Olímpicas e do Instituto Internacional de Física e o formato da competição, com destaque especial para a vida e o trabalho da cientista Yvonne Primerano Mascarenhas, que foi escolhida para ser homenageada nesta 2ª edição da olimpíada. Apresentamos também os problemas, com soluções, que compuseram as duas fases do torneio em 2024, bem como estatísticas de cada etapa. Fazemos, ainda, uma homenagem apresentando os nomes das estudantes que se destacaram, nessa segunda edição do TFM, como medalhistas, bem como suas escolas.

Esperamos que esse registro inspire futuras gerações de jovens cientistas a perseguirem seus sonhos, para que possam tornar o mundo mais igualitário. Que estas páginas sejam a celebração da dedicação e do talento de todas as participantes, que foram apoiadas por suas escolas, seus professores e familiares que acreditam no potencial ilimitado das mulheres nas ciências.

*Agradecimentos.* This work was supported by the Simons Foundation [Grant No. 1023171 (RC)]. Este trabalho foi apoiado pela FUNPEC através do projeto FUNPEC/UFRN/Fronteiras da Ciência. Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq através do Projeto 446046/2023-0 TORNEIO DE FÍSICA PARA MENINAS 2024 e pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) através do projeto 1699/24 IIF-FINEP.

*Os autores.*





## **Apresentação do torneio**





## Quem é Yvonne Mascarenhas?

Um diferencial do Torneio de Física para Meninas é a cada edição escolher uma cientista para homenagear. Durante o torneio, as redes sociais do TFM divulgam as realizações da homenageada, e sua área de pesquisa é refletida em várias questões das provas da 1ª e 2ª fase.

Essa homenagem anual a uma mulher cientista visa mitigar a baixa representatividade feminina, que é uma das causas de poucas meninas escolherem as áreas de ciência e tecnologia. Espera-se que divulgando essas mulheres que se destacaram e, ainda, continuam a se destacar na física mais meninas possam se inspirar e seguir carreira nessas áreas.

No TFM 2023, a nossa homenageada foi a física austríaca Lise Meitner, pioneira na área da Física Nuclear, que foi escolhida para estar representada na nossa logo.



Na edição atual, a cientista homenageada foi a Profa. Dra. Yvonne Mascarenhas (Figura 1). A professora Yvonne, atualmente com 93 anos, é professora aposentada que continua ativa no Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo.

Nasceu em Pederneiras, cidade do interior de São Paulo, mudou-se para a cidade do Rio de Janeiro, onde se graduou em química e física



Figura 1: Foto da profa. Yvonne Mascarenhas.

Fonte: Site ComCiência<sup>1</sup>.

pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

Em 1956, mudou-se para São Carlos a fim de ser professora na USP. Foi a primeira mulher a ocupar uma cadeira no Departamento de Física na Escola de Engenharia de São Carlos, EESC/USP.

Ainda na graduação interessou-se pela área de cristalografia e seguiu nessa área de pesquisa em seu doutorado, realizado na Universidade de São Paulo e estágios de pós-doutorado feitos em diversas universidades no exterior, incluindo a Universidade de Harvard.

O laboratório de pesquisa liderado pela Professora Yvonne Mascarenhas foi um dos primeiros do Brasil a determinar estruturas cristalinas com financiamento do CNPq e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). Em 1971, ela fundou, junto com outros cristalógrafos do Brasil e do exterior, a Sociedade Brasileira de Cristalografia, que existe até hoje. Dado seu prestígio e reconhecimento, a profa. Yvonne foi eleita a primeira presidenta dessa sociedade, cargo que voltou a ocupar diversas vezes nas décadas seguintes.

Após ter iniciado sua carreira no Departamento de Física da EESC,

---

<sup>1</sup><https://www.comciencia.br/especial-o-jardim-de-yvonne-primerano-mascarenhas/>

a partir de 1971 foi professora titular no Instituto de Física e Química de São Carlos (IFQSC). Em 1994, a professora Yvonne participou da fundação do Instituto de Física de São Carlos, IFSC, onde continua atuando, mesmo aposentada, em cristalografia aplicada à determinação de estruturas cristalinas e moleculares por difração de raios-X e estudos estruturais de materiais por espalhamento de raio-X a baixos ângulos. Outra vertente importante do seu trabalho é a Difusão Científica, coordenando um Grupo de Trabalho do Instituto de Estudos Avançados da USP, Polo de São Carlos.

A profa. Yvonne é membra titular da Academia Brasileira de Ciências, desde 2021 e recebeu diversos prêmios, nacionais e internacionais, como forma de reconhecimento de sua contribuição para a ciência. Destacamos o prêmio da **Ordem Nacional do Mérito Científico, ONMC/MCT<sup>2</sup>, na Classe da Grã-Cruz, pelo Presidente da República, Fernando Henrique Cardoso, em 1998**, o prêmio **Distinguished Woman in Chemistry/Chemical Engineering, International Union of Pure and Applied Chemistry** em 2017 e, em 2024, o **Prêmio Carolina Bori Ciência e Mulher, na categoria Engenharia, Exatas e Ciências da Terra pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência**.

A professora Yvonne Mascarenhas, generosamente, aceitou o convite para participar do evento online de anúncio das estudantes medalhistas do TFM 2024, e durante o evento proferiu falas de destaque, homenageando as estudantes premiadas contando detalhes da sua vida. Alguns trechos proferidos estão registrados a seguir:

“Agradeço imensamente por essa homenagem. Espero que ela sirva mesmo de estímulo para as mulheres procurarem a sua vocação e se dedicarem a essa vocação com todo o empenho.”

“Quero contar um pouquinho para vocês, alguma coisa que normalmente não sai no meu currículo nem nas entrevistas. Eu sou filha de um casal que não teve grandes estudos mas que conhecia o valor

---

<sup>2</sup>Ministério da Ciência e Tecnologia

do estudo e da ciência, então eu sou uma de três irmãs, todas nós três acabamos fazendo curso superior. Eu comecei, quando estava lá no curso que hoje é o curso 2º grau, muito encantada pela área de humanas, principalmente letras filosofia esse tipo de coisa. Mas entrei em contato com um professor muito bom de ciências, principalmente de Química que me inspirou e eu fui fazer então curso de Química na atual UFRJ que naquele tempo se chamava Universidade do Brasil. Minhas duas irmãs seguiram a mesma carreira, todas as duas fizeram lindas carreiras, uma em Física Médica, se aposentou nos Estados Unidos, por coincidência está hoje comigo aqui, e a outra ficou em Física de Estado Sólido, foi professora da Unicamp. Então, eu quero mostrar isso como um exemplo, de que nós três, com persistência, procurando fazer um trabalho muito sério, de modo a ser reconhecido pela comunidade que, principalmente naquela época, era predominantemente masculina, conseguimos ser reconhecidas e traçamos uma historia na Ciência. E que posso considerar bastante satisfatória. Então, a minha palavra é sempre de estímulo ao estudo e ao trabalho e muita persistência. [...] Muito obrigada mais uma vez pela oportunidade de falar para as meninas e principalmente pela grande honra que foi dedicarem essa olimpíada como homenagem ao meu nome.”

## Movimento Meninas Olímpicas

O Movimento Meninas Olímpicas, um ecossistema de olimpíadas científicas focado em meninas, fundado em julho de 2016 pelas irmãs olímpicas Natalia Groff e Mariana Groff, coordenado pela cientista da computação e pesquisadora Nara Martini Bigolin, cujo objetivo consiste em aumentar a presença das mulheres em espaços estratégicos tais quais o meio político, empresarial ou científico da sociedade, por meio do incentivo à participação igualitária das meninas na computação e em olimpíadas de conhecimento na área de STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), pois foi constatado que o percentual de meninas premiadas em olimpíadas científicas equivale às mulheres em espaço de poder. A presença feminina é inversamente proporcional ao prestígio das olimpíadas ou dos espaços de poder e decisão, conforme o gráfico da figura 2.

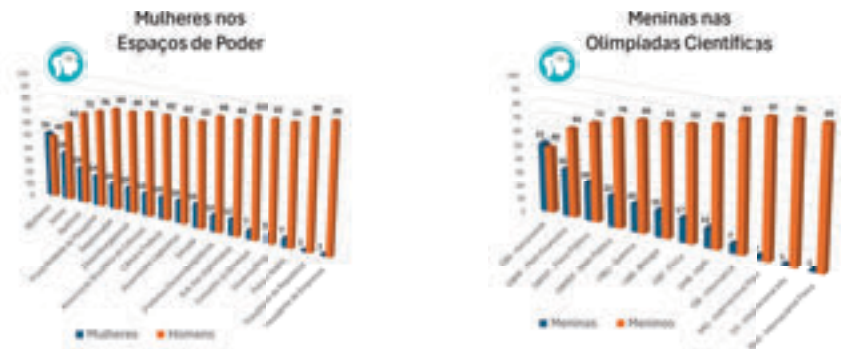


Figura 2: Percentual de ocupação de mulheres em espaços de poder e participação de meninas entre estudantes premiados, em olimpíadas científicas.

A pequena participação feminina, em lugares prestigiados, na ciência sofre impactos pela falta de estímulos e, também, devido à maternidade. Na sociedade como um todo, conforme aumenta o prestígio de um cargo, a presença das mulheres diminui. Esse comportamento se repete nos cargos de chefia das empresas, no meio científico pelas distribuições de bolsas de apoio aos pesquisadores e no meio político. Por exemplo, as juízas são 44% das ingressantes, mas apenas 12% chegam a desembargadoras. Quando se analisam os dados

das bolsas de iniciação científica financiadas pelo CNPQ, verifica-se que 59% dos bolsistas são mulheres, atuando, predominantemente, nas áreas das ciências humanas. Mas, analisando as bolsas de nível 1A (destinadas aos pesquisadores mais atuantes), apenas 24,6% pertencem às mulheres. Esse é o “efeito tesoura”, que também acontece nas olimpíadas científicas.

Em agosto de 2024, o Movimento Meninas Olímpicas lançou o **Portal de Olimpíadas Científicas**<sup>3</sup>. O Portal de Olimpíadas Científicas é um espaço dedicado a facilitar o acesso às informações sobre as diversas competições científicas realizadas em todo o país. Essa plataforma contém informações para acompanhar as datas de inscrição e de provas das olimpíadas, notícias relevantes, edições anteriores entre outras características das olimpíadas científicas. O objetivo é promover a divulgação dessas competições e incentivar a participação de estudantes de todas as idades.



Figura 3: Portal de Olimpíadas Científicas lançado pelo Movimento Meninas Olímpicas para facilitar o acesso às informações sobre as competições científicas realizadas no país.

Esse portal presta um serviço importante para professores e alunos da educação básica e superior que têm interesse em participar de olimpíadas científicas. Desempenha um papel relevante na divulgação de informações e incentivo ao desenvolvimento de competências e habilidades pessoais e acadêmicas. Em menos de 1 ano desde a sua criação,

<sup>3</sup>Portal de Olimpíadas Científicas. url: <https://olimpiadas.ufsm.br/>.

esse portal teve mais de 10 mil acessos.

Outras ações realizadas pelo Movimento Meninas Olímpicas são:

- Elaboração de propostas para a criação do Prêmio Meninas Olímpicas pelos poderes públicos: Poder Legislativo Municipal (Câmara de Vereadores), Estadual (Assembleias Legislativas) e Federal (Câmara e Senado) por meio de projeto de lei. Atualmente, os estados do RS, PR, ES, MS e AM têm o Prêmio Meninas Olímpicas aprovado por lei. Na Câmara Federal, no Senado e mais sete Assembleias Legislativas, o projeto está em tramitação (<https://tfcbr.inf.ufsm.br/sobre/premio-legislativo>).

- Proposição de prêmios especiais para as meninas em olimpíadas científicas nacionais como: a OBM, OBF, OBQ, OBB, OBECON, ONC e OPM e internacionais como na Cone-sul e na IMO - Olimpíada Internacional de Matemática (<https://tfcbr.inf.ufsm.br/sobre/trofeus-meninas-olimpicas>).

Com o objetivo de incentivar a participação das meninas na Olimpíada de Matemática, os organizadores da Olimpíada Internacional de Matemática, realizada no Brasil em 2017, instituíram o “Prêmio Meninas Olímpicas”, em homenagem ao Movimento Meninas Olímpicas do Brasil, dado a estudantes de todos os continentes. No ano de 2018, esse prêmio passou a ser chamado *Mirzakhani Award*, em homenagem a Maryam Mirzakhani, a 1ª mulher vencedora da Medalha Fields e que faleceu durante a IMO 2017.

- Criação de olimpíadas femininas nacionais e estaduais como o Torneio Feminino de Computação - TFC (2020) e apoio ao Torneio de Física para Meninas – TFM (2023), à Olimpíada Nacional Feminina de Química - Quimeninas (2023), Olimpíada Feminina de Matemática do Estado da Bahia - OFMEBA (2021), bem como Olimpíada Brasileira de Tecnologia - OBT (2021), Olimpíada Nacional de Filosofia - ONFil (2024), Olimpíada Nacional de Astro-nomia Digital - ONAD (2024) e Olimpíada Brasileira de Inteligência Artificial (2024).
- Criação e organização de eventos olímpicos: I Workshop Bra-

sileiro de Olimpíadas Científicas (WBOC 2021) (<https://csbc.ufsc.br/eventos/wboc/>) e o Painel Olimpíadas Científicas durante o Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - CSBC 2020, o qual reuniu coordenadores de 16 olimpíadas científicas (<https://www.youtube.com/watch?v=ymVV63XPiLg>).

- Levantamento dos dados sobre a sub-representação feminina em olimpíadas científicas e criação de mapas com as meninas das principais olimpíadas do Brasil como a OBM, OBF, OBMEP, OBFEP, OBA, ONHB, OBI e OBL (<https://sites.google.com/ufsm.br/meninasolimpicas>).
- Divulgação de relatos de meninas olímpicas para sensibilizar a opinião pública de suas dificuldades. (<https://www.youtube.com/@tfcbr/videos>).
- Incentivo na participação do Brasil em olimpíadas femininas internacionais, como a European Girls' Mathematical Olympiad - EGMO, e European Girls' Olympiad in Informatics - EGOI, criadas devido à baixa participação feminina nas áreas de matemática e computação.

O Movimento Meninas Olímpicas está em expansão no Brasil, e algumas universidades criaram projetos de extensão “Meninas Olímpicas” nas regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste, como o Projeto Meninas Olímpicas do Instituto de Matemática Pura e Aplicada - IMPA (2019), o projeto Meninas Olímpicas da Universidade Federal de Alagoas - UFAL (2023) e o projeto Meninas Olímpicas na Universidade de Brasília - UNB (2023).

Após a criação do Movimento Meninas Olímpicas, a presença das meninas nas equipes das olimpíadas internacionais tem aumentado. Historicamente, as meninas representavam cerca de 2% dos participantes nas equipes brasileiras. Em 2021, a equipe que representou o Brasil na International Chemistry Olympiad (ICHO) teve 75% de meninas em sua equipe. Na Olimpíada Internacional de Informática (IOI), a primeira participação feminina ocorreu em 2020 com a estudante Carolina Moura, que também participou da edição 2021, obtendo a melhor classificação entre todas as participantes femininas da competição.

Na Olimpíada Brasileira de Informática (OBI), a estudante Maria Clara, cursando o 8º ano do ensino fundamental, obteve o melhor desempenho, competindo em provas em nível do 2º e 3º anos do ensino médio. Em 2024, a Maria Clara representou o Brasil em seis olimpíadas internacionais, sendo três de Matemática e três de Computação. Na história das equipes brasileiras em olimpíadas internacionais, nenhum menino jamais conseguiu esse desempenho.

Nas olimpíadas de Física, na Olimpíada Brasileira de Física (OBF) e na Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP), a 1ª ação do Movimento Meninas Olímpicas foi propor um prêmio especial para as meninas em 2016<sup>4</sup>. A segunda ação foi em 2023, quando o Movimento Meninas Olímpicas apoiou a criação do Torneio de Física para Meninas - TFM.

Todos os anos, desde 2016, o Movimento Meninas Olímpicas, em parceria com a Procuradoria Especial da Mulher da Assembleia Legislativa do Rio Grande do Sul, homenageia as meninas que se destacam nas áreas de Matemática, Computação, Química, Física, Astronomia e Ciências. Na edição 2024 da OBF, 100% das medalhistas de ouro, prata e bronze do ensino fundamental, no RS, foram meninas.

É relevante que, além das escolas, os pais e mães de meninas as incentivem, pois elas são extraordinárias e podem ter resultados incríveis nas olimpíadas e serem protagonistas de sua própria história. Acreditamos na importância do Movimento Meninas Olímpicas, como uma forma de incentivar e valorizar as capacidades cognitivas das meninas, aumentando, assim, a participação e manutenção delas nas áreas das ciências e das tecnologias. Afinal, as ações compensatórias são necessárias para uma reparação histórica, pois as mulheres, por muitos séculos, não tiveram acesso a todos os espaços.

O Movimento Meninas Olímpicas é um projeto institucional da Universidade Federal de Santa Maria, criada em 14 de dezembro de 1960, sendo a primeira Universidade Federal criada no interior, fora de uma capital brasileira. Atualmente, conta com aproximadamente 30 mil estudantes.

---

<sup>4</sup><https://dombarreto.com/portal/noticia/post/311/>

## Papel do IIF no TFM

O Instituto Internacional de Física (IIF) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) foi criado em Natal em 2009, com a missão de constituir um polo de física teórica no Brasil e atuar como vitrine da física brasileira perante o mundo. Para esse fim, o IIF realiza pesquisa de ponta em física teórica, organiza conferências e escolas científicas nacionais e internacionais em física e áreas afins, e mantém programas para visitas científicas de curta e longa duração e de pós-doutorado.

Embora pesquisa e internacionalização sejam as missões precípua do IIF, ficou claro durante a primeira década da sua existência, que a competência instalada no instituto, a infraestrutura criada no seu prédio próprio e seus programas de visitantes e de eventos podem contribuir, também, com outras pautas importantes. Em particular, o Comitê Assessor Internacional do IIF – órgão composto por cientistas do mais alto nível internacional que, periodicamente, avalia as atividades do instituto e elabora sua estratégia de longo prazo – apontou que a partir da retomada das atividades no cenário pós-pandêmico, o instituto deveria dedicar parte dos seus recursos a pautas educacionais.

Claramente, tais pautas educacionais não deveriam ser interpretadas como graduação e pós-graduação tradicionais em física – atividades realizadas com competência no departamento de física da universidade e que não precisam, nem deveriam, ser duplicadas em outra unidade. Considerando a missão e o perfil de atividades do IIF, seu envolvimento com educação deveria focar em modelos menos explorados e mais inovadores, para públicos-alvo selecionados de acordo com o perfil do instituto, em particular, alunos com vocação especial e/ou altas habilidades para a ciência.

Por esse motivo, iniciou-se, a partir de 2021, um processo de debate e exploração de possíveis atividades e programas educacionais no IIF. Esse processo levou à identificação de várias atividades, atualmente em andamento ou em preparação, mas desde o começo o envolvimento com Olimpíadas Científicas, seja como centro de treinamento para os estudantes e seus professores, ou como coorganizador, foi considerado

uma vertente particularmente promissora.

Em paralelo, outro processo em andamento no IIF visa ao aumento da diversidade entre os integrantes, visitantes e estudantes do instituto. Embora ambas essas linhas de atuação, as pautas educacionais e a diversidade, tenham objetivos distintos, há claras oportunidades para sinergias benéficas entre elas. O Torneio de Física para Meninas ilustra, de forma perfeita, essas sinergias.

Na prática, o envolvimento do IIF com o TFM foi facilitado pelo fato de três dos coorganizadores do TFM (os autores FW, MLM e KC) atuarem no IIF, como integrantes ou visitantes do seu Grupo de Ciência e Ensino Interdisciplinar (CEI). Em 2024, da mesma forma como já tinha feito em 2023, o IIF encarregou-se da organização da cerimônia de lançamento do torneio e da sua cerimônia de premiação, ambas foram realizadas on-line e transmitidas, ao vivo, pelo canal de YouTube do instituto, divulgadas e acompanhadas pela equipe jornalística do IIF.

Aproveitando um dialogo já aberto entre o IIF e a Sociedade Brasileira de Física (SBF), responsável pela organização das olimpíadas nacionais de física no Brasil, o TFM foi apresentado à direção da SBF e à coordenação da Olimpíada Brasileira de Física (OBF). A partir dessa apresentação, a SBF reconheceu o TFM, formalmente, como uma olimpíada de física – reconhecimento que aumentou fortemente a credibilidade e visibilidade do torneio.

Negociou-se, ainda, um acesso direto para meninas bem classificadas no TFM para o processo seletivo que leva à formação das equipes brasileiras para as olimpíadas internacionais de física, equiparando, assim, o TFM aos níveis de entrada da própria OBF e da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP). Especificamente, a coordenação das Seletivas para as Olimpíadas Internacionais de Física (SOIFs) concedeu 10 vagas para meninas premiadas no TFM para as SOIFs e cinco vagas para o Torneio Brasileiro de Física (TBF). A concessão dessas vagas às egressas do TFM, mesmo na sua primeira edição, constituiu um importante voto de confiança da SBF e da coordenação da SOIFs com a proposta do TFM e o IIF. Na edição de 2024, foram concedidas 15 vagas de estudantes do TFM para as SOIFs 2026.

Às 15 vagas concedidas para as SOIFs e para o TBF somaram-se mais cinco vagas na Vivência Científica do IIF, atividade presencial de imersão em ciência realizada pelo instituto para alunos com engajamento e habilidades destacados. Dessa forma, além dos benefícios intrínsecos do próprio TFM para suas participantes, para vinte delas este torneio também se tornou porta de acesso para outros desafios e oportunidades.

Como a edição de 2024 do TBF também foi realizada em Natal, com coordenação do IIF, foi possível entrevistar presencialmente as meninas classificadas para o TBF pelo TFM de 2023, bem como meninas que se classificaram para o TBF de outras formas, para colher suas impressões e consultá-las acerca de sugestões para a próxima edição do TFM.

As impressões das participantes, a repercussão geral do TFM, a colaboração com a OBF/SBF, e a avaliação interna do torneio pelo próprio IIF têm sido muito positivas, o que levou o IIF a renovar seu compromisso com o TFM e colocar-se à disposição para continuar promovendo o torneio nas suas próximas edições.

## Estrutura da competição

Nesta segunda edição do TFM, o público alvo foram estudantes que se identificaram com o sexo feminino, regularmente matriculadas no Ensino Médio (EM) e no Ensino Fundamental (EF) em instituições de ensino brasileiras. A adição do EF foi feita após pedidos das próprias escolas e incentivo das participantes da primeira edição. Assim como em 2023, a competição foi aplicada gratuitamente em todo o território nacional.

Para atender a públicos distintos, EF e EM, a olimpíada foi separada em dois níveis, A e B, sendo que o nível A foi voltado para estudantes do EF e o nível B para estudantes do EM.

As estudantes participantes de ambos os níveis foram avaliadas por meio de seu desempenho em duas fases da competição, sendo:

(a) 1ª fase:

Prova com 15 (quinze) questões de múltipla escolha aplicada em formato digital através do sistema Olimpo, com duração de duas horas. Essa fase foi aberta para todas as participantes.

(b) 2ª fase:

Prova com cinco questões dissertativas aplicada presencialmente, em todo o território nacional, em locais cadastrados como polos locais de aplicação. A prova teve duração de quatro horas. Participaram dessa fase apenas as estudantes que tiveram desempenho igual ou acima da nota de corte, estabelecida para cada série, na prova da primeira fase.

Os conteúdos das provas da 1ª e 2ª fases foram baseados em um programa estabelecido no regulamento da competição. Algumas das perguntas tinham relação com a área de pesquisa em Cristalografia, área na qual atua a homenageada da edição 2024 do TFM, a Profa. Dra. Yvonne Mascarenhas. Outras questões se inspiraram nas olimpíadas esportivas realizadas, em 2024, em Paris.

As estudantes com o melhor desempenho na prova da 2ª fase foram classificadas por série (com exceção da 3ª e 4ª séries do EM que competem juntas) para cada série foram estabelecidos critérios de de-

sempenho para atribuir medalhas de ouro, prata e bronze.

Assim como são estabelecidos critérios para a premiação das estudantes com medalhas de ouro, prata e bronze, a comissão organizadora do TFM estabeleceu os critérios para:

- Convidar 05 estudantes de 3º ano do EM para participarem da Vivência Científica do IIF, um evento de imersão realizado em Natal/RN com estudantes de destaque em atividades acadêmicas;
- Convidar 05 estudantes de 2º ano do EM para participarem diretamente do Torneio Brasileiro de Física 2025 (TBF), etapa final de seleção de estudantes brasileiros para as olimpíadas internacionais de Física em 2025;
- Convidar 05 estudantes do 9º ano do EF e 10 estudantes de 1º ano do EM para participarem das etapas seletivas para as olimpíadas internacionais de Física de 2026, realizadas pela Sociedade Brasileira de Física, e que classificam para o TBF 2026;
- Selecionar 15 estudantes de EF e EM para participarem de um programa de Iniciação Científica Jr. durante o ano de 2025, possível devido ao financiamento da competição pelo CNPq.

Além disso, visando manter o engajamento das estudantes nas competições para as quais o TFM classifica e para o próprio TFM, foram desenvolvidos durante todo o ano de 2024, durante a vigência da competição, atividades de tutoria que tinham por objetivos: sanar as dúvidas das estudantes quanto ao formato da competição; prepará-las para competições de níveis mais avançados.



# **1ª fase do TFM**

Nível A - Ensino Fundamental



**Problema 1.** A profa. Yvonne Mascarenhas, a senhora dos Cristais (Pesquisa Fapesp, Ed. 258, ago. 2017), é uma pesquisadora brasileira referência na área de Cristalografia. Ela nasceu na cidade de Pederneiras/SP e se fixou como pesquisadora na cidade de São Carlos/SP.

Numa de suas viagens entre sua cidade natal e seu local de trabalho, ela mediu com a ajuda de um termômetro de mercúrio a temperatura em Pederneiras e São Carlos e obteve, respectivamente,  $28^{\circ}\text{C}$  e  $24^{\circ}\text{C}$ .

Como uma boa cientista e observadora, ela percebeu que o termômetro que utilizava parecia não estar calibrado corretamente. Para constatar isso, ela percebeu que numa solução em equilíbrio de água com gelo a temperatura medida era  $8^{\circ}\text{C}$  enquanto a temperatura de uma mistura de água com vapor de água em equilíbrio era  $88^{\circ}\text{C}$ .

Dessa maneira ela conseguiu descobrir a diferença de temperatura real entre Pederneiras e São Carlos. O valor obtido por ela foi:

- (a)  $3,2^{\circ}\text{C}$
- (b)  $4,0^{\circ}\text{C}$
- (c)  $5,0^{\circ}\text{C}$
- (d)  $6,4^{\circ}\text{C}$
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 1.** [Alternativa (c)] Podemos tratar o termômetro usado pela profa. Yvonne como um termômetro com uma outra escala. Vamos nomear essa escala como Yvonne. Nesse caso, as temperaturas medidas são  $28^{\circ}\text{Y}$  e  $24^{\circ}\text{Y}$ . A razão entre as diferenças de temperatura na escala  $^{\circ}\text{Y}$  e na escala  $^{\circ}\text{C}$  devem ser as mesmas, portanto:

$$\frac{\Delta Y}{Y_v - Y_g} = \frac{\Delta C}{C_g - C_v} \Rightarrow \frac{28 - 24}{88 - 8} = \frac{\Delta C}{100 - 0}$$

$$\Delta C = 100 \cdot \frac{4}{80} = \frac{40}{8} = 5$$

Portanto, a diferença de temperatura real medida pela Profa. Yvonne é  $5^{\circ}\text{C}$ .

**Problema 2.** Na mesma viagem anterior, a profa. Yvonne teve duas opções, ir direto de Pederneiras para São Carlos de ônibus, que viajava a uma velocidade média de 40 km/h devido às diversas paradas ou ir com uma amiga de carona de carro.

No trajeto de carro, no entanto, a amiga ainda iria passar pela cidade de Araraquara, antes de seguir para São Carlos, para fazer uma breve parada.

Considerando que o carro pode se deslocar com velocidade média de cerca de 80 km/h, quanto tempo pode durar a parada em Araraquara, no máximo, para que seja mais vantajoso ir de carro?

Dados: as distâncias entre as cidades são cerca de: Pederneiras - São Carlos (120 km), Pederneiras - Araraquara (100 km) e Araraquara - São Carlos (40 km).

- (a) 1 hora
- (b) 1 hora 15 minutos
- (c) 1 hora 45 minutos
- (d) 3 horas
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 2.** [Alternativa (b)] O tempo total na estrada ao viajar de ônibus é  $120 \text{ km}/40(\text{km/h}) = 3 \text{ h}$ . De carro, o deslocamento total seria de 140 km e o tempo total dos deslocamentos seria  $140 \text{ km}/(80 \text{ km/h}) = 1,75 \text{ h} = 1 \text{ h } 45 \text{ min}$ . Nesse caso, o tempo que o carro poderia ficar parado para que a viagem ainda valesse a pena deveria ser  $3 \text{ h} - 1 \text{ h } 45 \text{ min} = 1 \text{ h } 15 \text{ min}$ .

**Problema 3.** A Profa. Yvonne Mascarenhas é reconhecida internacionalmente por seus trabalhos em cristalografia, uma área de estudos voltada para estudar as propriedades moleculares e cristalinas de materiais.

Um cristal pode ser considerado como uma estrutura composta por partículas (átomos, íons ou moléculas), organizada em um padrão repetitivo que se estende em todas as direções. Essa estrutura ordenada e as partículas que a compõem é que dão as características típicas dos cristais.

Costuma-se definir como “célula unitária primitiva” a menor unidade dessa estrutura repetida, a partir da qual todo o cristal pode ser recriado através de translações dessa célula. Na figura mostrada, está indicada uma rede cristalina conhecida como rede hexagonal. Os círculos hachurados indicam as partículas que compõem a rede.

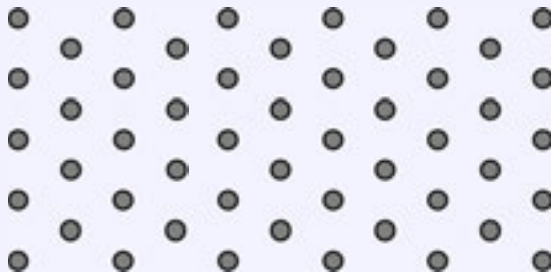


Figura 4: Exemplo de uma estrutura cristalina bidimensional hexagonal.

Dentre as imagens mostradas a seguir, aquela que melhor representa uma célula unitária primitiva para a estrutura hexagonal é:



Figura 5: Células para a rede hexagonal.

- (a) Célula 01
- (b) Célula 02
- (c) Célula 03
- (d) Célula 04
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 3.** [Alternativa (c)] As células indicadas nas figuras (a), (c) e (d) podem ser usadas para reproduzirem a rede hexagonal. Como a célula unitária primitiva deve ser a menor unidade capaz de representar toda a rede cristalina, a melhor representação dentre as alternativas é correspondente à Célula 03.

**Problema 4.** Em cristalografia outra propriedade importante para determinar as propriedades de um cristal é o chamado “fator de preenchimento”. Costuma-se definir como “fator de preenchimento” a razão entre a região ocupada pelas partículas que compõem uma célula primitiva e a região ocupada pela célula.

Numa idealização para o caso bidimensional para uma rede cristalina as partículas podem ser representadas como círculos e a região ocupada é correspondente à área da superfície.

Considerando uma rede retangular e a sua célula primitiva de lado  $\ell$  indicadas na figura a seguir, qual o maior valor possível para o fator de preenchimento dessa célula?

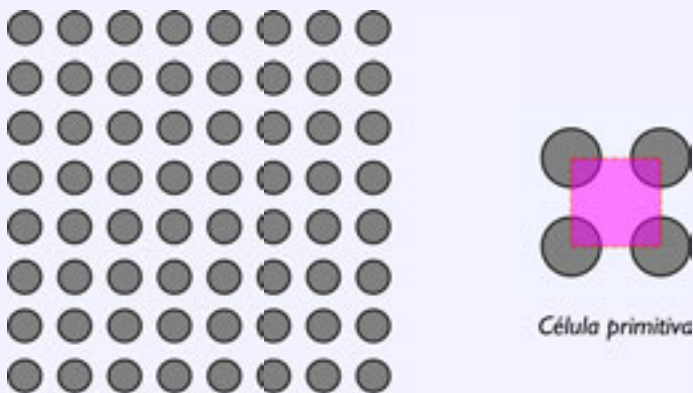


Figura 6: Rede bidimensional retangular e célula primitiva correspondente.

- (a)  $\pi/4$
- (b)  $4/\pi$
- (c)  $1/2$
- (d)  $\pi/8$
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 4.** [Alternativa (a)] No caso de fator de preenchimento máximo, o raio de cada partícula é  $\ell/2$ , conforme mostra a figura. A área ocupada pela partícula é  $a = \pi\ell^2/4$  enquanto a área da célula primitiva é  $A = \ell^2$ . Dessa maneira, o fator de preenchimento máximo é dado por  $\pi/4$ .

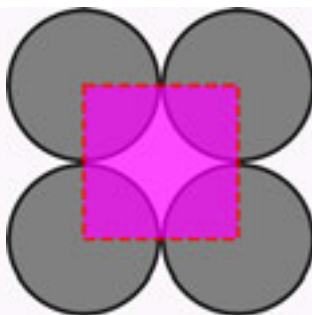


Figura 7: Célula primitiva no caso de preenchimento máximo.

**Problema 5.** A análise cristalográfica de estruturas baseia-se em diversos fundamentos matemáticos como a Teoria de Grupos e a Análise de Simetrias. Para isso, é preciso entender como as diversas estruturas se comportam sob transformações: rotação, inversão, reflexão entre outras.

Analise, por exemplo, a estrutura do ácido violúrico determinada pela Profa. Yvonne Mascarenhas. Suponha que essa estrutura seja colocada na frente de um espelho plano, conforme indicado na figura a seguir.

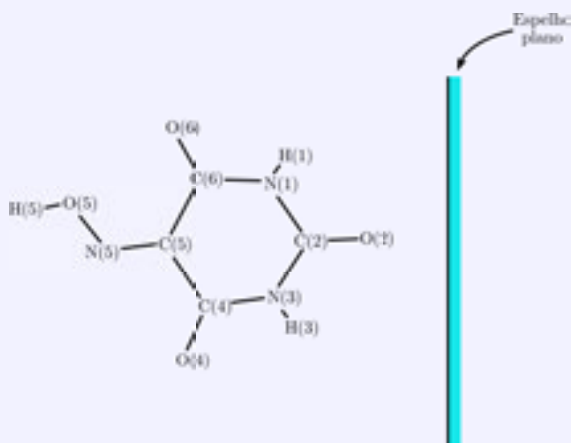


Figura 8: Estrutura do ácido violúrico.

Dentre as figuras a seguir, qual delas melhor pode representar a imagem formada pela reflexão da luz no espelho?

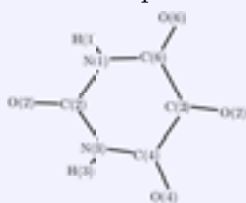


Imagem 01

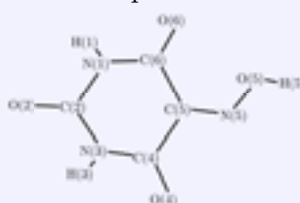


Imagem 02

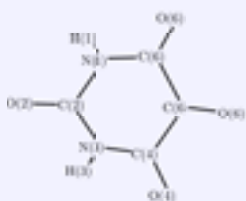


Imagem 03

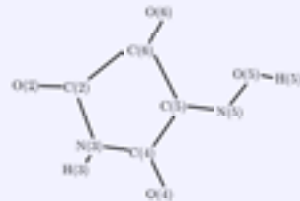


Imagem 04

Figura 9: Imagem da estrutura formada por um espelho plano.

- (a) Imagem 01
- (b) Imagem 02
- (c) Imagem 03
- (d) Imagem 04
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 5.** [Alternativa (b)] Após a reflexão no espelho a imagem deve guardar as mesmas propriedades que o objeto, i.e. todos os átomos no objeto devem constar na imagem. Sendo assim, a imagem que melhor representa o reflexo da estrutura no espelho é a imagem 02.

**Problema 6.** O estudo de estruturas cristalinas é realizado por meio de diversas técnicas experimentais. Uma delas é a difração de raios-X. Nessa técnica, luz com comprimento de onda da mesma ordem da distância intermolecular incide sobre um cristal, revelando a sua estrutura.

Para gerar os raios-X, costuma-se utilizar um feixe de elétrons que é acelerado, desde o repouso, a uma grande diferença de potencial até se chocar com um alvo, liberando assim os raios-X como mostra a figura a seguir.

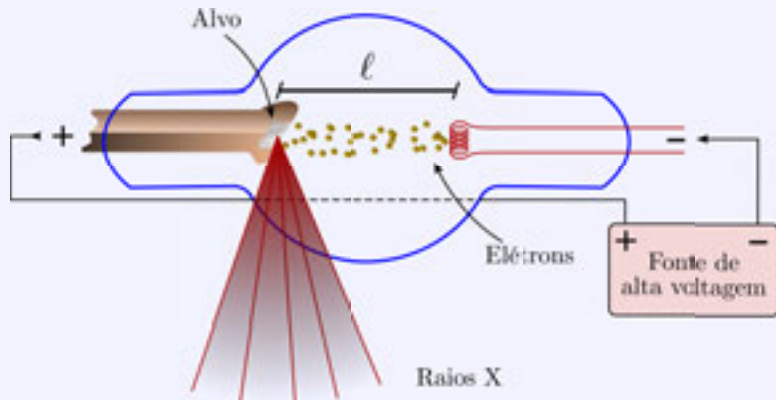


Figura 10: Ilustração de um gerador de raios X a partir de elétrons acelerados.

Suponha que atua uma força constante de módulo  $4 \cdot 10^{-14}$  N, sobre cada elétron, durante o deslocamento até o alvo. Quanto tempo leva para que os elétrons atinjam o alvo? Assuma que distância entre o alvo e o local onde os elétrons partem do repouso, indicada na figura, é  $\ell = 20$  cm. Considere que a massa de um elétron é  $m_e = 9,0 \cdot 10^{-31}$  kg.

- (a)  $3 \cdot 10^{-15}$  s
- (b)  $3 \cdot 10^{-12}$  s
- (c)  $3 \cdot 10^{-9}$  s
- (d)  $3 \cdot 10^{-6}$  s
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 6.** [Alternativa (c)] A aceleração do elétron é dada por  $a = F/m_e$ . Como o movimento é uniformemente acelerado, o espaço percorrido pelo elétron num intervalo de tempo  $\Delta t$  é dado por  $\ell = a\Delta t^2/2 = F\Delta t^2/2m_e$ . Sendo assim,  $\Delta t^2 = 2 \cdot \ell \cdot m_e/F = 2 \cdot 0,2 \cdot 9 \cdot 10^{-31}/(4 \cdot 10^{-14}) = 9 \cdot 10^{-18}$  e, portanto,  $\Delta t = 3$  ns =  $3 \cdot 10^{-9}$  s.

**Problema 7.** O conhecimento da estrutura cristalográfica dos materiais permite estabelecer como essa organização afeta as propriedades dos materiais. A simetria de um cristal, por exemplo, pode determinar se um material exibirá ferromagnetismo, antiferromagnetismo ou outras formas de ordem magnética.

Os ímãs de neodímio que costumam ser usados em diversas aplicações no dia a dia, como em alto-falantes, fones de ouvidos, fechaduras magnéticas ou em brinquedos, apresentam uma estrutura conhecida como tetragonal.

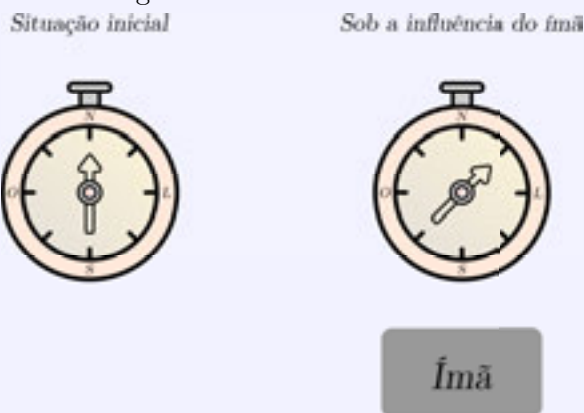
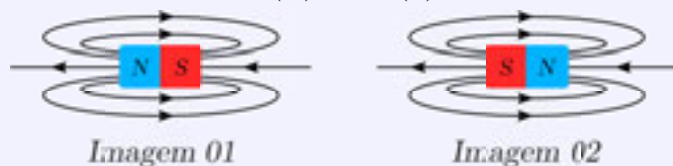


Figura 11: Ilustração de um ímã sob a influência do campo magnético da Terra na ausência e na presença de um ímã.

Para descobrir qual a orientação de um desses ímãs, suponha que você usa uma bússola que inicialmente aponta para o polo norte geográfico (NG) conforme mostra a “situação inicial” na figura anterior e depois aponta em outra direção quando colocada próxima ao ímã, conforme indicado pela situação “sob a influência do ímã”.

Qual das imagens a seguir melhor indica as linhas de campo magnético e os polos Norte (N) e Sul (S) do ímã?



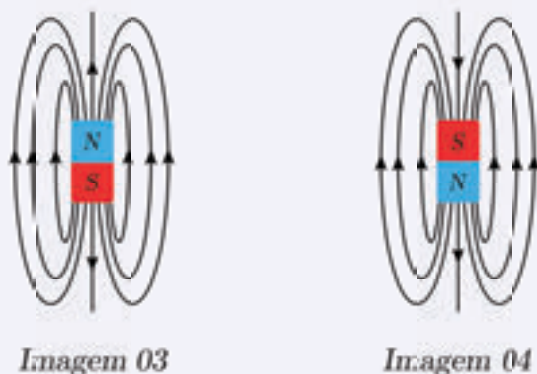


Figura 12: Ilustração das linhas de campo magnético de um ímã.

- (a) Imagem 01
- (b) Imagem 02
- (c) Imagem 03
- (d) Imagem 04
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 7.** [Alternativa (b)] As linhas de campo magnético devem sair do polo Norte (N) e em direção ao polo Sul (S) do ímã. Além disso, o campo magnético do ímã deve se somar ao da Terra para produzir a inclinação mostrada no enunciado. Note que nas imagens 03 e 04 a direção do campo magnético resultante seria paralela ou antiparalela à inicial de maneira que o ímã não poderia estar na situação indicada no enunciado. Portanto, as linhas estão corretamente indicadas na imagem 02.

**Problema 8.** Dizemos que um cristal apresenta uma simetria cúbica quando as partículas que o compõem estão dispostas nos vértices de um cubo, conforme mostrado na figura a seguir. Na figura estão indicadas uma partícula A, destacada em preto, e suas seis vizinhas mais próximas (numeradas de 1 a 6).

Suponha que uma determinada substância cristalize nessa estrutura. Nessa estrutura hipotética, cada partícula apresenta uma ligação apenas com as partículas mais próximas.

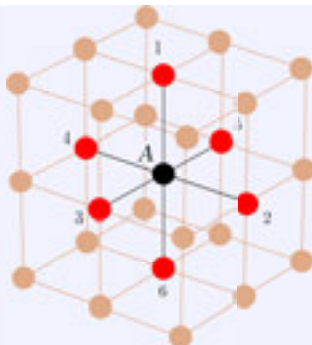


Figura 13: Ilustração de um cristal cúbico indicando os seis primeiros vizinhos de uma partícula da estrutura.

Se a distância entre as partículas mais próximas é 1 nm, o número de ligações que existe num cristal com  $1 \mu\text{m}^3$  deste material é mais próximo de:

- (a)  $3 \cdot 10^9$  ligações
- (b)  $6 \cdot 10^9$  ligações
- (c)  $8 \cdot 10^9$  ligações
- (d)  $24 \cdot 10^9$  ligações
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

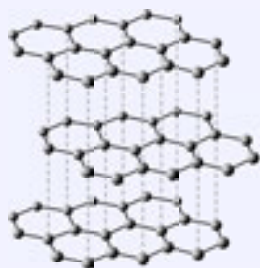
Dados:  $1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$  e  $1\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$

**Solução 8.** [Alternativa (a)] Como o cristal tem  $1 \mu\text{m}^3$ , a quantidade de partículas é dada por  $(1 \mu\text{m}/1 \text{ nm})^3 = (10^{-6}/10^{-9})^3 = (10^3)^3 = 10^9$ . Para determinar o número de ligações, vamos desconsiderar as partículas da superfície. Neste caso, basta observar que em cada duas partículas temos seis ligações, ou seja, para cada partícula contamos  $6/2 = 3$  ligações. Nesse caso, temos um total de  $3 \cdot 10^9$  ligações.

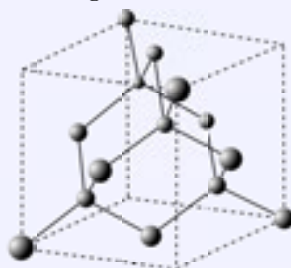
**Problema 9.** É costume definir as fases de um material entre gasosa, líquida e sólida. No entanto, mesmo na fase sólida devido ao arranjo cristalino das substâncias, é possível distinguir entre diversas fases com propriedades bastante diferentes.

Um exemplo comum para essa mudança nas propriedades de uma mesma substância devido aos diferentes arranjos cristalinos dos

átomos são o grafite e o diamante, formados por átomos de carbono em duas estruturas conforme mostrado na figura.



Estrutura do grafite



Estrutura do diamante

Figura 14: Estrutura cristalina do grafite e do diamante.

Suponha que uma dada substância apresenta duas fases, chamadas de fase  $\alpha$  e fase  $\beta$ . Na fase  $\alpha$  a distância média entre as partículas que compõem o cristal é  $\ell_\alpha = 0,200$  nm e a densidade é dada por  $d_\alpha$  enquanto na fase  $\beta$  a distância média entre as partículas é  $\ell_\beta = 0,220$  nm e a densidade é  $d_\beta$ .

A alternativa que melhor representa a razão entre as densidades  $d_\alpha$  e  $d_\beta$  é:

- (a)  $d_\alpha/d_\beta = 1,10$
- (b)  $d_\alpha/d_\beta = 1,21$
- (c)  $d_\alpha/d_\beta = 1,33$
- (d)  $d_\alpha/d_\beta = 2,22$
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 9.** [Alternativa (c)] Como a densidade depende da massa e do volume, podemos inferir que  $d \sim 1/\ell^3$  e, portanto,  $d_\alpha/d_\beta = (\ell_\beta/\ell_\alpha)^3 = (0,220/0,200)^3 = 1,1^3 = 1,331$ .

**Problema 10.** A estrutura cristalina dos sólidos depende diretamente das ligações químicas entre as partículas que as compõem. No entanto, fatores externos como pressão e temperatura podem alterar as propriedades dos cristais dando-lhes, por exemplo, densidades distintas.

Suponha, por exemplo, que uma amostra de massa  $m = 35 \text{ g}$  de um cristal criado em laboratório tenha densidade  $d_T = 7,0 \text{ g/cm}^3$  na Terra e densidade  $d_L = 5,0 \text{ g/cm}^3$  na Lua, devido à diferença entre os valores de pressão atmosférica.

Sabendo que as acelerações gravitacionais na Terra e na Lua são dadas por, respectivamente,  $10 \text{ m/s}^2$  e  $1,6 \text{ m/s}^2$ , qual o valor da massa da amostra na Lua?

- (a) 0,056 N
- (b) 0,35 N
- (c) 0,056 kg
- (d) 0,035 kg
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 10.** [Alternativa (d)] A massa da amostra não muda se medida na Terra ou na Lua, apenas seu peso que depende da aceleração gravitacional. Como o enunciado pede o valor da massa, esta vale  $35 \text{ g} = 0,035 \text{ kg}$ .

**Problema 11.** Nesse ano ocorreram as olimpíadas de verão na cidade de Paris. As mulheres brasileiras se destacaram e das 20 medalhas brasileiras, 12 foram obtidas em modalidades femininas.

Dentre alguns destaques, uma das primeiras medalhas foi obtida pela atleta Rayssa Leal, que é a brasileira mais jovem a ser medalhista olímpica. A atleta competiu na prova de “Skate Street Feminino” em que as atletas devem realizar manobras com o skate.

Numa dessas manobras, suponha que a skatista precisa atravessar uma escada com 10 degraus, cada degrau tem  $d = 18 \text{ cm}$  de altura e  $L = 30 \text{ cm}$  de comprimento (veja a figura).

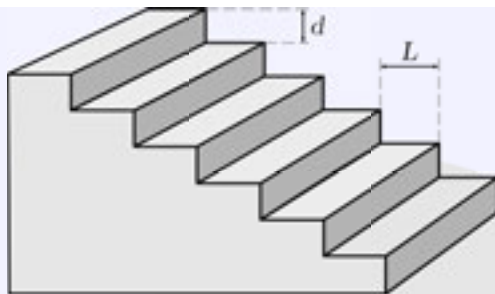


Figura 15: Ilustração das dimensões de uma escada.

Nessa situação, a menor velocidade horizontal que irá garantir que a atleta precisa ter para conseguir saltar a escada é mais próxima de:

- (a) 5,0 m/s
- (b) 2,5 m/s
- (c) 1,7 m/s
- (d) 0,25 m/s
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

Dado: assuma que a aceleração gravitacional local é  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Solução 11.** [Alternativa (a)] O problema ilustra uma situação que pode ser tratada como um lançamento horizontal. Durante o deslocamento da atleta, ela deverá percorrer uma distância horizontal  $\Delta S = 10 \cdot 0,3 = 3,0 \text{ m}$  enquanto cai de uma altura  $h = 10 \cdot 0,18 = 1,8 \text{ m}$ . O tempo de queda é dado por  $\Delta t = \sqrt{2 \cdot h/g} = \sqrt{2 \cdot 1,8/10} = \sqrt{0,36} = 0,6 \text{ s}$ . A velocidade horizontal necessária é, portanto,  $v = \Delta S/\Delta t = 3,0/0,6 = 5,0 \text{ m/s}$ .

**Problema 12.** As três medalhas de ouro alcançadas por atletas brasileiros na edição 2024 dos jogos olímpicos foram feitas femininas. A primeira delas veio da lutadora de judô Beatriz Souza.

O judô é um esporte no qual mesmo com força física inferior ao oponente, uma atleta pode vencer a luta com a aplicação precisa das técnicas empregadas nessa luta.

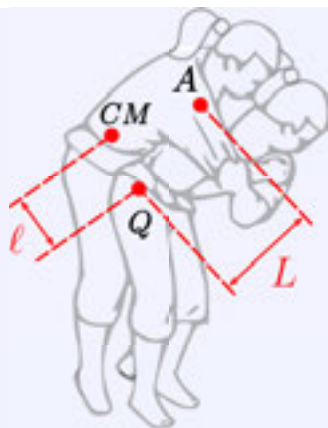


Figura 16: Ilustração do Uchi Mata, golpe usado no Judo.

Um dos golpes que pode ser utilizado nesta luta é o “Uchi Mata”, ilustrado na figura, e no qual uma atleta usa o próprio quadril como apoio e as pernas para varrer o adversário e derrubá-lo.

Sobre esta situação, é correto afirmar:

- (a) A atleta que executa o golpe não está sujeita a nenhuma força externa, uma vez que ela permanece em repouso durante o golpe.
- (b) A energia química armazenada no corpo da atleta se transforma em energia potencial e cinética durante a execução do golpe.
- (c) Para aplicar a alavanca utilizada no golpe, a atleta precisa exercer, necessariamente, uma força duas vezes maior que o peso da adversária.
- (d) Não há transformação de energia durante a execução do golpe, uma vez que a energia é conservada em todos os processos.
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 12.** [Alternativa (b)] Consideremos as afirmativas para cada item.

- (a) Falsa: apesar de estar em repouso durante o golpe, a atleta está sujeitas às forças peso, normal de contato com o solo bem como às forças de contato com a sua oponente.

- (b) Verdadeira.
- (c) Falsa: é preciso analisar minuciosamente a situação para determinar a intensidade de força necessária para a execução do golpe.
- (d) Falsa: mesmo num sistema no qual há conservação da energia total, é possível que uma forma de energia se transforme em outra.

**Problema 13.** A segunda medalha de ouro obtida pela delegação brasileira nas Olimpíadas Paris foi conquistada pela ginasta Rebeca Andrade.

Um dos momentos mais esperados durante a apresentação no solo, modalidade em que a atleta é especialista e na qual obteve a medalha de ouro, a atleta executa duas voltas nos cerca de 1,5 s de duração do salto.

Qual a menor velocidade angular da atleta (em rpm, rotações por minuto) que lhe permite realizar esta acrobacia?

- (a) 3 rpm
- (b) 32 rpm
- (c) 60 rpm
- (d) 80 rpm
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 13.** [Alternativa (b)] As duas voltas completas (rotações) foram realizadas em 1,5 s, portanto, a velocidade angular é dada por  $\omega = 2 \text{ rotações} / 1,5 \text{ s} = 4/3 \text{ rps}$ . Como há 60 s em 1 minuto, a velocidade angular, medida em rpm, é 60 vezes maior que aquela medida em rps (rotações por segundo) e, portanto,  $\omega = 60 \cdot 4/3 = 80 \text{ rpm}$ .

**Problema 14.** A terceira medalha de ouro brasileira nas Olimpíadas de Paris foi atingida pelas atletas Duda e Ana Patrícia no vôlei de praia.

Essa competição costuma ocorrer durante o dia e a temperatura da areia na quadra pode, facilmente, superar os 40°C. Já durante a noite, a temperatura costuma diminuir e se assemelhar à temperatura ambiente.

Qual dos itens a seguir pode explicar melhor como a areia atinge

essas altas temperaturas durante o dia?

- (a) A areia recebe luz do Sol, que conduz calor por convecção e é armazenada na areia.
- (b) A energia fornecida pela atmosfera da Terra através dos processos de convecção é responsável pela maior temperatura da areia com relação ao ar durante o dia.
- (c) A energia recebida pelo Sol através da radiação luminosa associada ao baixo calor específico da areia lhe permitem atingir temperaturas mais altas que o ar.
- (d) A temperatura mais alta da areia durante o dia pode ser explicada porque o calor armazenado durante a noite é liberado para aquecê-la por um processo conhecido como condução térmica.
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 14.** [Alternativa (c)] Consideremos as afirmativas para cada item.

- (a) Falsa: a luz do Sol transmite energia através de um processo conhecido como irradiação.
- (b) Falsa: esse processo não consegue explicar o maior valor de temperatura da areia, para isso seria necessário que o ar estivesse a uma temperatura mais alta, o que não é o caso geral.
- (c) Verdadeira.
- (d) Falsa: o calor não fica armazenado na areia, por este motivo ele não pode é usado no dia seguinte para aquecer a areia.

**Problema 15.** Chegando ao fim dessa jornada, é preciso recuperar as energias, nada como uma bela xícara de café.

O café precisa ser tomado na temperatura certa para ser apreciado da melhor forma, nem muito frio, muito menos muito quente.



Figura 17: Café para animar!

Algumas características do café são bastante parecidas com as da água. Assuma, por exemplo, que a sua densidade é  $\rho = 1,0 \text{ g/ml}$  e o seu calor específico  $c = 4,0 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$ .

Supondo que uma xícara de café com 100 ml e inicialmente a  $60^\circ\text{C}$ , perde calor a uma taxa constante de  $10 \text{ J/s}$ , quanto tempo irá levar para atingir a temperatura de  $45^\circ\text{C}$ ?

- (a) 3 min
- (b) 5 min
- (c) 10 min
- (d) 12 min
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 15.** [Alternativa (c)] A taxa com que o café perde calor indica o quanto de calor sai do café por unidade de tempo. Nesse caso, essa taxa pode ser escrita como  $P = \Delta Q / \Delta t$  e, portanto,  $\Delta t = \Delta Q / P = m \cdot c \cdot \Delta T / P$  é o tempo que ele leva para resfriar. Utilizando os valores do enunciado temos  $\Delta t = 100 \cdot 4,0 \cdot 15 / 10 = 600 \text{ s} = 10 \text{ min}$ .





# **1ª fase do TFM**

Nível B - Ensino Médio



**Problema 1.** Hoje você está fazendo essa prova com o auxílio de uma tela de computador, tablet ou celular, mas nem sempre foi assim. Há algum tempo uma tecnologia utilizada para projetar imagens era o retroprojektor. Um esquema simplificado consiste em uma caixa onde é colocada uma folha de papel transparente (transparência) que é iluminada. A luz, passa por uma lente e por um espelho plano e então projeta uma imagem impressa no papel sobre uma tela, veja a figura a seguir.

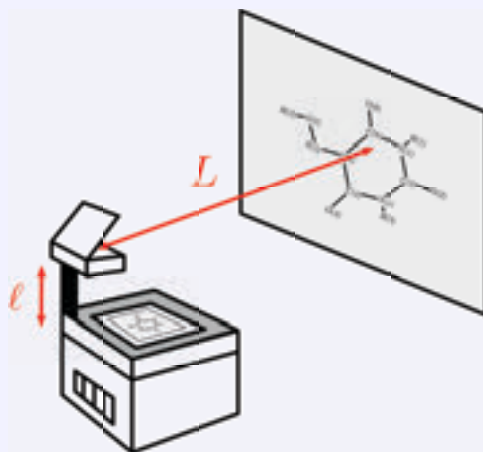


Figura 18: Retroprojektor utilizado para apresentações.

Na figura está representada a estrutura do Ácido Violúrico, determinada pela professora Yvonne Mascarenhas, uma referência internacional na área de cristalografia.

Considere que numa determinada apresentação, a Profa. Yvonne utilizou uma folha de papel a uma distância  $\ell = 15$  cm da lente do retroprojektor, que está a uma distância  $L = 1,35$  m da tela de projeção. A distância focal  $f$  da lente é cerca de:

- (a)  $f = 1,24$  cm
- (b)  $f = 13,5$  cm
- (c)  $f = 120$  cm
- (d)  $f = 1,24$  m
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 1.** [Alternativa (b)] Como o espelho é plano, a imagem formada por ele está à mesma distância  $L$  da lente. Nesse caso, podemos usar a equação dos pontos conjugados em que a distância do objeto à lente é  $\ell$ . Utilizando todas as distâncias em cm, temos

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\ell} + \frac{1}{L} = \frac{1}{15} + \frac{1}{135}$$

$$\Rightarrow f = \frac{15 \cdot 135}{15 + 135} = \frac{135}{10}$$

E, portanto,  $f = 13,5$  cm.

**Problema 2.** A Profa. Yvonne Mascarenhas é uma cientista reconhecida internacionalmente por seus trabalhos em cristalografia, uma área de estudos voltada para estudar as propriedades moleculares e cristalinas de materiais.

Um cristal pode ser considerado como uma estrutura composta por partículas (átomos, íons ou moléculas) organizada em um padrão repetitivo que se estende em todas as direções. Essa estrutura ordenada e as partículas que a compõem é que dão as características típicas dos cristais.

Costuma-se definir como “célula unitária primitiva” a menor unidade dessa estrutura repetida a partir da qual todo o cristal pode ser recriado através de translações dessa célula. Na figura mostrada, está indicada uma rede cristalina conhecida como rede hexagonal. Os círculos hachurados indicam as partículas que compõem a rede.

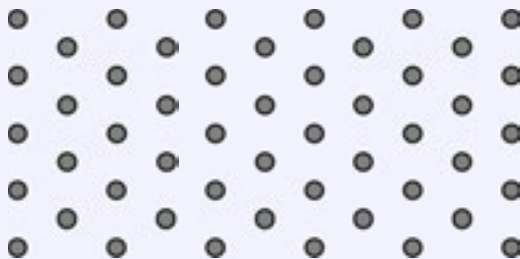


Figura 19: Exemplo de uma estrutura cristalina bidimensional hexagonal.

Dentre as imagens mostradas a seguir, aquela que melhor representa uma célula unitária primitiva para a estrutura hexagonal é:



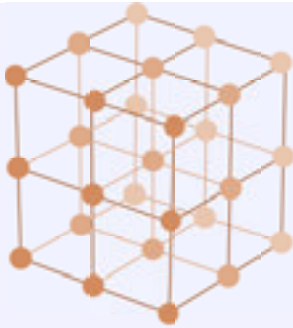
Figura 20: Células para a rede hexagonal.

- (a) Célula 01
- (b) Célula 02
- (c) Célula 03
- (d) Célula 04
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

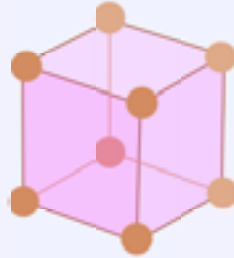
**Solução 2.** [Alternativa (c)] As células indicadas nas figuras (a), (c) e (d) podem ser usadas para reproduzir a rede hexagonal. Como a célula unitária primitiva deve ser a menor unidade capaz de representar toda a rede cristalina, a melhor representação dentre as alternativas é correspondente à Célula 03.

**Problema 3.** Em cristalografia outra propriedade importante para determinar as propriedades de um cristal é o chamado “fator de preenchimento”. Costuma-se definir como “fator de preenchimento” a razão entre a região ocupada pelas partículas dentro de uma célula primitiva e a região ocupada pela célula.

Considerando o caso de uma rede cristalina cúbica, na qual a célula unitária primitiva consiste de cubos de lado  $a$  com uma partícula esférica em cada vértice, conforme indicadas na figura a seguir, qual o maior valor possível para o fator de preenchimento dessa célula?



*Rede cristalina cúbica*



*Célula cúbica primitiva*

Figura 21: Rede cúbica simples e célula primitiva correspondente.

- (a)  $\pi/3$
- (b)  $4/\pi$
- (c)  $\pi/2$
- (d)  $\pi/6$
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 3.** [Alternativa (d)] No caso de fator de preenchimento máximo, o raio de cada partícula é  $r = a/2$ , conforme mostra a figura. O volume ocupado pelas partículas dentro da célula é  $V = 4\pi(a/2)^3/3$  enquanto o volume da célula primitiva é  $V_0 = a^3$ . Dessa maneira, o fator de preenchimento máximo é dado por  $V/V_0 = 4\pi(1/2)^3/3 = \pi/6$ .

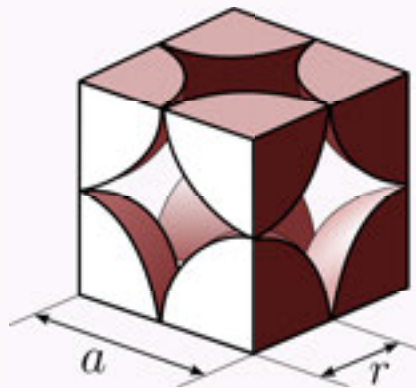


Figura 22: Célula primitiva no caso de preenchimento máximo.

**Problema 4.** É bastante comum tratarmos dos estados da matéria como sólido, líquido ou gasoso. No entanto, com o conhecimento mais profundo sobre as propriedades dos materiais, podemos descrever materiais no estado sólido em diferentes “fases cristalinas”, i.e. um mesmo material pode apresentar diferentes propriedades macroscópicas como densidade, calor específico, condutividade elétrica, coeficiente de elasticidade dentre outras.

A transição de fases cristalinas pode ser induzida de diversas formas, por exemplo, modificando a temperatura ou a pressão que age sobre o cristal. Um exemplo desse tipo de transição é a transição do Fe de uma estrutura cúbica de corpo centrado (CCC) para uma estrutura cúbica de face centrada (CFC) que ocorre a cerca de  $910^{\circ}\text{C}$  em pressão ambiente.

Considere, por exemplo, o caso da transição de um certo material de uma fase sólida  $\alpha$  para outra fase, também sólida,  $\beta$ . Uma amostra com 50 g do material é continuamente aquecida por uma fonte de calor com potência de 120 W. A temperatura da amostra como função do tempo é dada no gráfico da figura a seguir.

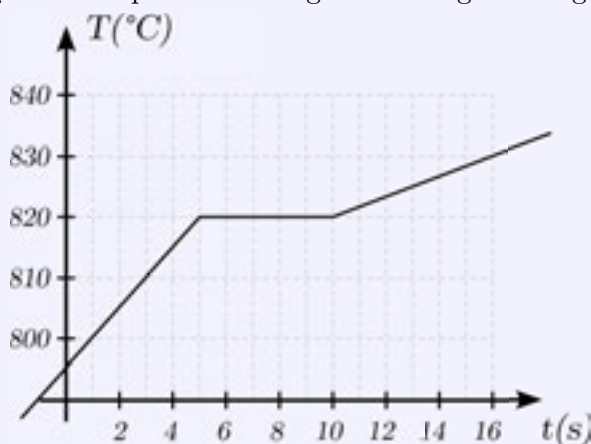


Figura 23: Temperatura de uma amostra sólida como função do tempo.

Qual item melhor indica o valor do calor latente associado a

essa mudança de estrutura da amostra?

- (a) 0,16 J/g
- (b) 2,4 J/g
- (c) 12 J/g
- (d) 14,4 J/g
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 4.** [Alternativa (c)] De acordo com o gráfico, pode-se identificar a transição de fase ocorrendo à temperatura  $T = 820^{\circ}\text{C}$  uma vez que não há mudança de temperatura durante a transição de fase. O calor fornecido à amostra é o suficiente para produzir a mudança de fase e portanto  $Q = P \cdot \Delta t = m \cdot L$ , ou seja,  $L = P \cdot \Delta t / m = 120 \cdot 5 / 50 = 12,0 \text{ J/g}$ .

**Problema 5.** Um dos grandes avanços ocorrido no início do século XX e que propiciou o desenvolvimento da área de cristalografia foi o uso de técnicas como a difração de raios X. A descoberta desses raios resultou na entrega do primeiro prêmio Nobel de Física em 1901 a Wilhelm Röntgen.

Hoje sabemos que esses raios consistem de radiação eletromagnética de grande energia, constituída de fótons com energia dada por  $E = hc/\lambda$  em que  $\lambda$  é o comprimento de onda associado aos fótons.

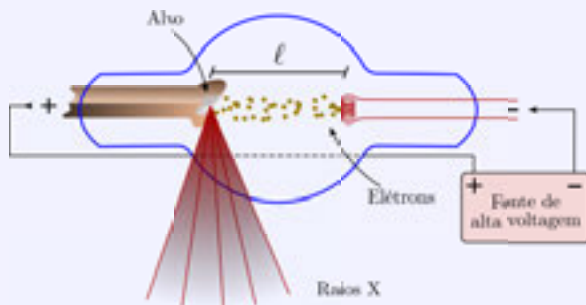


Figura 24: Ilustração de um gerador de raios X a partir de elétrons acelerados.

A figura acima ilustra uma possível maneira de gerar raios X, na qual um feixe de elétrons acelerados por uma grande diferença de

potencial colide com um alvo e como resultado produz essa radiação característica.

Considerando um sistema como o mostrado na figura no qual elétrons são acelerados a uma diferença de potencial 44 kV, qual das afirmativas a seguir melhor descreve os raios X produzidos na colisão do elétron com o alvo? Desconsidere quaisquer efeitos relativísticos.

- (a) Os raios X produzidos terão comprimento de onda de, no máximo,  $4,5 \cdot 10^{-12}$  m.
- (b) Os raios X produzidos terão comprimento de onda de, no máximo,  $4,5 \cdot 10^{-9}$  m.
- (c) Os raios X produzidos terão comprimento de onda de, no mínimo,  $4,5 \cdot 10^{-12}$  m.
- (d) Os raios X produzidos terão comprimento de onda de, no mínimo,  $4,5 \cdot 10^{-9}$  m.
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Dados: constante de Planck -  $h = 6,6 \cdot 10^{-16}$  eV·s, velocidade da luz -  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s e massa do elétron -  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg  $\approx 5,1 \cdot 10^5$  eV/c<sup>2</sup>.

**Solução 5.** [Alternativa (c)] No caso extremo, toda a energia cinética adquirida pelos elétrons durante a aceleração será convertida na energia de um fóton. Portanto,  $E_{\text{fóton}} \leq E_{c,\text{elétron}}$  e  $hc/\lambda \leq E_c \Rightarrow \lambda \geq hc/E_c$ . Substituindo os valores do enunciado  $\lambda \geq 6,6 \cdot 10^{-16} \cdot 3 \cdot 10^8 / 44 \cdot 10^3$  m =  $4,5 \cdot 10^{-12}$  m. Este é, portanto, o menor comprimento de onda dos raios X produzidos.

**Problema 6.** Por se tratar de um tipo de radiação importante para analisar a estrutura dos materiais, a produção de feixes de raios X é de grande importância para a ciência básica como na indústria.

O Brasil abriga uma das mais avançadas fontes de radiação desse tipo, o Laboratório Nacional de Luz Síncronon (LNLS) que produz radiação desde o infravermelho até o espectro dos raios X.

A produção de radiação parte da aceleração de elétrons a altíssimas velocidades através de uma trajetória circular mantida por campos eletromagnéticos. No LNLS os elétrons chegam

a atingir uma velocidade que é 99,99999986% da velocidade da luz -  $c$ .

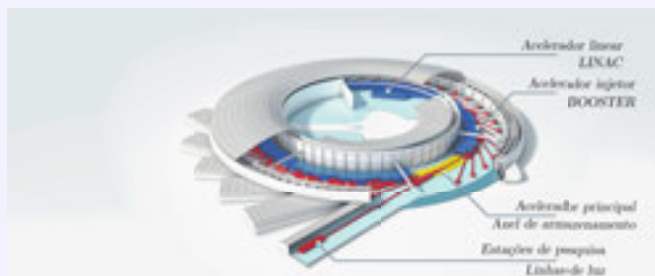


Figura 25: Ilustração das linhas luz do LNSL.

Fonte: Adaptada de <https://lnsl.cnpem.br/sirius-en/>

Assumindo que num sistema desse tipo, os elétrons são acelerados até a velocidade máxima atingida no LNSL numa trajetória circular de raio 50 m, qual dos itens a seguir melhor indica a quantidade de voltas esses elétrons dão por segundo (Adote  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s):

- (a) 950 mil de voltas por segundo
- (b) 1,9 milhões de voltas por segundo
- (c) 3,0 milhões de voltas por segundo
- (d) 6,0 milhões de voltas por segundo
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 6.** [Alternativa (a)] Como os elétrons se movem com uma velocidade próxima à da luz, podemos assumir que sua velocidade é  $c$ . O tempo para uma volta é dado por  $T = 2\pi R/c$  e, portanto, a frequência de movimento é dada por  $f = c/2\pi R = 3 \cdot 10^8/2\pi 50 \approx 95 \cdot 10^4 \text{ s}^{-1}$ .

**Problema 7.** Para produzir os raios X, os elétrons são desviados por fortes campos magnéticos e como resultado desse desvio emitem radiação eletromagnética.

Por se tratarem de elétrons com velocidades próximas à da luz, os efeitos relativísticos precisam ser levados em consideração. A energia dos elétrons é dada pela expressão  $E = \gamma E_0$ , em que  $\gamma = 1/\sqrt{1 - v^2/c^2}$  é o fator de Lorentz que depende da velocidade  $v$  dos

elétrons e da velocidade da luz  $c$ . O parâmetro  $E_0 \approx 510$  keV é a *energia de repouso do elétron*.

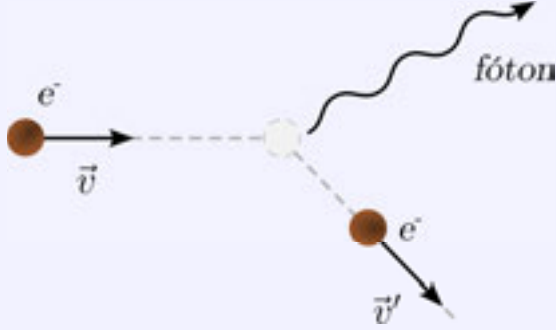


Figura 26: Desvio de um elétron e criação de um fóton induzida por um campo externo.

Assuma que os elétrons produzidos tem um fator de Lorentz  $\gamma = 1000$  e que num desses desvios um elétron produz um fóton de raio X com energia  $\varepsilon = 51$  keV, qual dos itens a seguir melhor representa o módulo da variação de velocidade do elétron ao produzir o raio X?

- (a)  $300 \mu\text{m/s}$
- (b)  $3 \text{ cm/s}$
- (c)  $3 \text{ m/s}$
- (d)  $300 \text{ m/s}$
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

Dados:  $1 \text{ eV} \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ , velocidade da luz -  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

**Solução 7.** [Alternativa (b)] A energia do fóton corresponde à uma variação de energia do elétron. Temos  $\varepsilon = \gamma E_0 - \gamma' E_0 = \delta(\gamma) E_0$ . Veja que:

$$\begin{aligned} \delta(\gamma) &= \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - v'^2/c^2}} \\ &= \frac{\sqrt{1 - v'^2/c^2} - \sqrt{1 - v^2/c^2}}{\sqrt{1 - v^2/c^2} \sqrt{1 - v'^2/c^2}} \cdot \frac{\sqrt{1 - v'^2/c^2} + \sqrt{1 - v^2/c^2}}{\sqrt{1 - v'^2/c^2} + \sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta(\gamma) &= \frac{(1 - v'^2/c^2) - (1 - v^2/c^2)}{\sqrt{1 - v^2/c^2} \sqrt{1 - v'^2/c^2} (\sqrt{1 - v'^2/c^2} + \sqrt{1 - v^2/c^2})} \\
 &= \frac{(v^2 - v'^2)/c^2}{(1 - v'^2/c^2) \sqrt{1 - v^2/c^2} + (1 - v^2/c^2) \sqrt{1 - v'^2/c^2}} \\
 &\approx \frac{(v + v')(v - v')/c^2}{2(1 - v^2/c^2)^{3/2}} = \frac{1}{(1 - v^2/c^2)^{3/2}} \frac{\delta v}{c} = \gamma^3 \frac{\delta v}{c}
 \end{aligned}$$

em que usamos  $v, v' \approx c$  quando pertinente. Sendo assim  $\varepsilon \approx \gamma^3 E_0 \delta v / c$  e, portanto,  $\delta v = (\varepsilon / \gamma^3 E_0) c$ . Substituindo os valores do enunciado  $\delta v = (51/510) \cdot (3 \cdot 10^8 / 10^9) = 3 \cdot 10^{-2}$  m/s, ou  $\delta v = 3$  cm/s.

**Problema 8.** Durante um breve intervalo de tempo um campo magnético é acionado e são produzidos raios X numa das linhas do LNLS. Nesse intervalo de tempo foi medida a potência da radiação emitida, que tem comprimento de onda  $\lambda_X = 0,198$  Å. Como resultado obteve-se o gráfico mostrado na figura a seguir.



Figura 27: Potência da radiação de raios X em função do tempo.

Supondo que para cada elétron desviado no feixe é produzido um fóton com o comprimento  $\lambda_X$ , a corrente elétrica média que circula no acelerador é melhor representada por:

- (a) 5,0 mA
- (b) 3,5 mA
- (c) 2,0 mA
- (d) 1,5 mA
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

Dados: carga do elétron -  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C, constante de Planck -  $h = 6,6 \cdot 10^{-16}$  eV·s, velocidade da luz -  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s e  $1 \text{ \AA} = 10^{-10}$  m.

**Solução 8.** [Alternativa (d)] Como cada fóton tem comprimento de onda  $\lambda_X$ , a energia de cada um é dada por  $\varepsilon = hc/\lambda_X$ . A energia total  $E$  produzida pelo feixe pode ser obtida a partir da área do gráfico de potência como função do tempo. Por se tratar de um triângulo de base  $\Delta t$  e altura  $P$  temos  $E = P\Delta t/2$ . Como para cada elétron é emitido um fóton, o número de elétrons no feixe é dado por  $N = E/\varepsilon = E\lambda_X/hc$  e a corrente elétrica média no período em que o feixe está sendo desviado é  $i = \Delta Q/\Delta t = Ne/\Delta t = eE\lambda_X/hc\Delta t = eP\lambda_X/2hc$ . Substituindo os valores dados no enunciado obtemos  $E = e$ , portanto,  $i = 30 \cdot 1,98 \cdot 10^{-11}/2 \cdot 6,6 \cdot 10^{-16} \cdot 3,0 \cdot 10^8$  o que nos dá  $i = 0,015 \text{ A} = 1,5 \text{ mA}$ .

**Problema 9.** O uso de raios X para a determinação da estrutura dos materiais foi possível devido ao seu uso utilizando um fenômeno conhecido como difração. Nesse tipo de fenômeno, um raio luminoso é espalhado por um obstáculo em diferentes direções do espaço. Acontece que a distância entre as partículas que compõem a estrutura cristalina dos materiais é da mesma ordem de grandeza dos raios X. Foram essas observações que deram ao cientista Max von Laue o prêmio Nobel de 1914.

Por se tratar de uma onda eletromagnética, o espalhamento dos raios X por partículas que compõem a estrutura cristalina dos materiais pode produzir interferência construtiva ou destrutiva. Esses padrões de interferência são característicos da distância  $d$  entre os planos cristalinos sobre os quais estão dispostas as partículas que

compõem o material e os máximos de interferência são dados pela equação de Bragg:  $n\lambda = 2d \sin\theta$ . Nessa equação,  $n = 1, 2, 3, \dots$  é um número natural que indica a ordem do máximo de interferência,  $\lambda$  é o comprimento de onda do raio X e  $\theta$  é o ângulo de incidência/observação para o qual os raios sofrerão interferência construtiva (veja a figura).

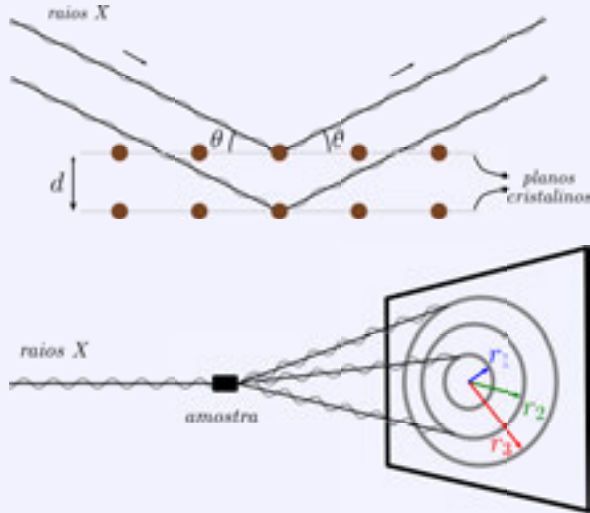


Figura 28: Difração de Bragg em cristais.

A figura anterior mostra um esquema em que um pó de material cristalino desconhecido é bombardeado por raios X com comprimento de onda  $\lambda = 0,65 \text{ \AA}$ . Como resultado se formam anéis circulares brilhantes numa tela a uma distância  $L = 10 \text{ cm}$  da amostra. Os raios dos primeiros anéis medidos são:  $r_1 = 10,5 \text{ mm}$ ,  $r_2 = 19,8 \text{ mm}$  e  $r_3 = 30,2 \text{ mm}$ . Qual dos valores a seguir melhor representa a distância entre os planos cristalinos do cristal desconhecido?

- (a)  $2,3 \text{ \AA}$
- (b)  $3,2 \text{ \AA}$
- (c)  $6,6 \text{ \AA}$
- (d)  $9,8 \text{ \AA}$
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

Dado:  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ .

**Solução 9.** [Alternativa (b)] Como os raios  $r$  são muito menores que a distância  $L$ , podemos obter  $\sin\theta \approx r/L$ . Cada um dos raios dos anéis que indicam interferência construtiva permitem obter um valor de distância entre os planos do cristal através da fórmula de Bragg, ou seja,  $d = n \cdot \lambda/2 \sin\theta = n \cdot \lambda \cdot L/2r$ . Os diferentes valores de  $r$  são correspondentes a  $n = 1, 2, 3$  e, os valores de  $d$  para cada medida são  $d_1 = \lambda \cdot L/2r_1$ ,  $d_2 = 2\lambda \cdot L/2r_2$  e  $d_3 = 3\lambda \cdot L/2r_3$ . Substituindo os valores na equação obtida temos:  $d_1 = 3,10 \text{ \AA}$ ,  $d_2 = 3,28 \text{ \AA}$  e  $d_3 = 3,23 \text{ \AA}$ . O valor mais próximo destes obtidos é  $3,2 \text{ \AA}$  correspondente ao item (b).

**Problema 10.** Além de ser uma cientista de grande renome internacional, a Professora Yvonne Mascarenhas também é uma amante da música. Durante a década de 90 ela coordenou um movimento de música erudita da Fundação Theodoretto Souto.

Como forma de ilustrar a conexão da física com a música, considere o exemplo de um violão. Esse instrumento se baseia na produção de som a partir da vibração de uma corda. Considere o diagrama a seguir que mostra as partes principais de um violão.



Figura 29: Partes de um violão.

Sobre a formação do som no violão, é correto afirmar que:

- (a) O corpo do violão é constituído pela caixa que permite que o som sofra um processo de ressonância, dando assim maior projeção que pode ser ouvida a maiores distâncias.
- (b) As cordas de aço em um violão produzem um som mais metálico que as cordas de nylon, o que permite atingir mais notas musicais.
- (c) Ao utilizar as tarraxas é possível alterar a tração na corda do violão, modificando assim a densidade linear de massa das cordas, o que produzirá diferentes sons.
- (d) O processo de amplificação do som, conhecido como batimentos, é realizado no corpo do violão, em sua caixa. Esse processo é o resultado da vibração construtiva do ar induzido pelas cordas.
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 10.** [Alternativa (a)] Consideremos as afirmativas para cada item.

- (a) Verdadeira.
- (b) Falsa: as notas musicais atingidas não dependem exclusivamente do material do qual é feita a corda do violão.
- (c) Falsa: ao utilizar a variação na sua densidade linear pode ser desprezada, o efeito da mudança na nota musical é mais proeminente devido à variação de tração na corda produzida pela tarraxa.
- (d) Falsa: o processo de amplificação é conhecido como ressonância.

**Problema 11.** Ao pinçar as cordas de um violão podem ser produzidos diferentes sons, para isso são usados os “trastes”. A figura a seguir indica as dimensões de um violão. Considere que a distância entre dois trastes vizinhos é sempre a mesma, e cerca de 3 cm, e que a distância do cavalete ao primeiro traste é  $\ell = 23$  cm.



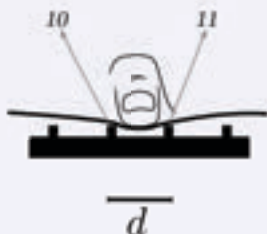


Figura 30: Ilustração do uso de um violão.

Ao pressionar uma corda entre os trastes 10 e 11 a frequência emitida é 440 Hz. Onde deve-se pressionar a mesma corda para que seja emitida uma frequência de aproximadamente 500 Hz?

- (a) entre os trastes 6 e 7.
- (b) entre os trastes 8 e 9.
- (c) entre os trastes 12 e 13.
- (d) entre os trastes 14 e 15.
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 11.** [Alternativa (b)] Podemos considerar que a frequência sonora emitida é aquela do modo fundamental de oscilação da corda. No modo fundamental o comprimento de onda é dado por  $\lambda = 2L$ , em que  $L$  é o comprimento da corda entre o cavalete e o traste mais próximo (corda presa nas duas extremidades). A velocidade da onda é dada por  $v = \lambda f = 2L \cdot f$ . Como a velocidade só depende da tração na corda (que não muda ao pressionar a corda) e da sua densidade, ela é a mesma em todos os casos. Dessa maneira, podemos fazer  $L_1 \cdot f_1 = L_2 \cdot f_2$ . Pelo diagrama do enunciado o comprimento livre da corda é dado por  $L_k = [\ell + d \cdot (k - 1)] = (20 + 3 \cdot k)$  cm, em que  $k$  indica o  $k$ -ésimo traste (mais próximo do cavalete). Para a frequência de 440 Hz temos  $k = 10$  e, portanto,  $L_{10} = 50$  cm. Para determinar o traste  $m$  correspondente à frequência 500 Hz basta resolver a equação  $50 \cdot 440 = (20 + 3 \cdot m) \cdot 500 \Rightarrow m = 8$ .

**Problema 12.** Numa orquestra diversos instrumentos musicais são utilizados para produzir melodias harmoniosas. Cada instrumento tem características que lhes conferem sons únicos. Independente da maneira como cada instrumento produz som, seja ele a partir de

teclas, cordas, membranas etc nós os escutamos através das ondas de compressão e rarefação produzidas no ar. Essas ondas tem como características uma variação da pressão do ar ao longo do tempo.

Na figura a seguir são dados o gráfico da variação de pressão medida para dois instrumentos musicais distintos.

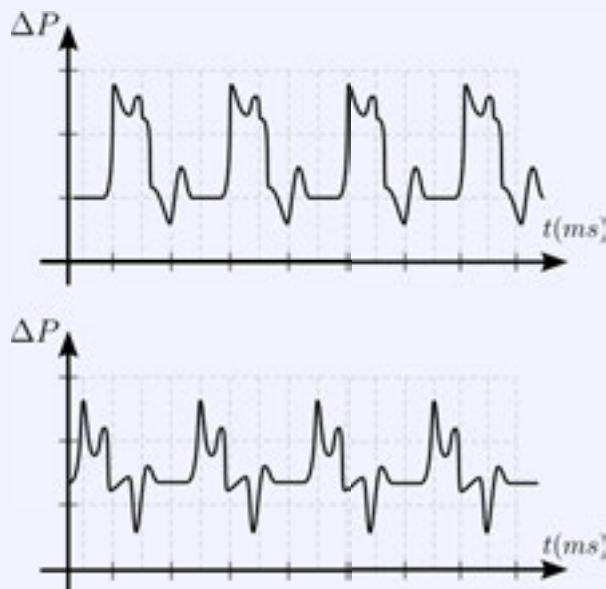


Figura 31: Amplitude de pressão sonora produzida por instrumentos musicais diferentes.

Sobre os sons produzidos por esses instrumentos é correto afirmar que:

- (a) Os dois instrumentos estão emitindo as mesmas notas musicais (frequências), mas têm timbres distintos.
- (b) Os dois instrumentos estão emitindo as mesmas notas musicais (timbres), mas têm frequências distintas.
- (c) Os dois instrumentos estão emitindo as mesmas frequências (timbres), mas têm notas musicais diferentes.
- (d) Os dois instrumentos estão emitindo as mesmas notas musicais em mesmo timbre e frequência.
- (e) Nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 12.** [Alternativa (a)] Consideremos as afirmativas para cada item.

- (a) Verdadeira.
- (b) Falsa: as notas musicais correspondem à frequência do som.
- (c) Falsa: as notas musicais correspondem à frequência do som.
- (d) Falsa: as notas musicais são as mesmas já que os pulsos sonoros ocorrem em intervalos de tempos iguais, mas têm timbres diferentes por serem pulsos com formas distintas.

**Problema 13.** Nesse ano ocorreram as olimpíadas de verão na cidade de Paris. As mulheres brasileiras se destacaram e das 20 medalhas brasileiras, 12 foram obtidas em modalidades femininas.

As três medalhas de ouro alcançadas por atletas brasileiros na edição 2024 dos jogos olímpicos foram feitas femininos. A primeira delas veio da lutadora de judô Beatriz Souza.

O judô é um esporte no qual mesmo com força física inferior ao oponente, uma atleta pode vencer a luta com a aplicação precisa das técnicas empregadas nessa luta.

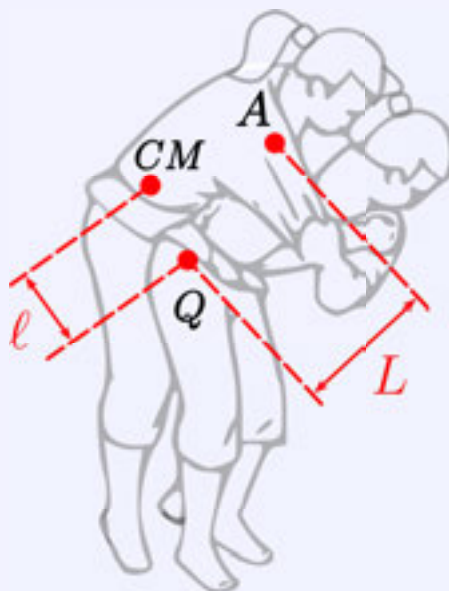


Figura 32: Diagrama esquemático da aplicação de um golpe de judô.

Na figura anterior está ilustrada a aplicação de um golpe na qual uma atleta usa o próprio quadril como apoio (ponto Q). As dimensões estão indicadas na figura; a distância entre Q e o centro de massa (CM) da oponente é  $\ell = 20$  cm e a distância de Q até o ponto de aplicação da força (A) para a execução do golpe é  $L = 50$  cm. A massa da atleta que está sofrendo o golpe é  $M = 80$  kg.

Sobre esta situação, a menor força que deve ser aplicada pela atleta para conseguir executar o golpe é dada por aproximadamente:

- (a) 320 N
- (b) 400 N
- (c) 480 N
- (d) 2000 N
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

Dado: Assuma que a aceleração gravitacional local é  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

**Solução 13.** [Alternativa (a)] Para conseguir executar o golpe o torque produzido pela atleta em torno do ponto Q deve ter a mesma intensidade do torque do peso da oponente com relação ao mesmo ponto. Sendo assim,  $Mg\ell \cos \theta = FL$  em que  $\theta$  é o ângulo que a linha que une o CM da atleta ao ponto Q com relação à horizontal. No caso extremo, é necessária uma força de, no mínimo,  $F = Mg\ell/L$  para iniciar o golpe. Substituindo os dados do enunciado  $F_{\min} = 80 \cdot 10 \cdot 20/50 = 320 \text{ N}$ .

**Problema 14.** A segunda medalha de ouro obtida pela delegação brasileira nas Olimpíadas Paris foi conquistada pela ginasta Rebeca Andrade. Ao receber sua medalha, a atleta se tornou a maior medalhista brasileira de todos os tempos nas Olimpíadas de Verão, incluindo homens e mulheres.

Para conseguir ver as suas notas, a atleta, que tem miopia, precisava utilizar óculos para corrigir as imagens formadas na sua retina. A figura a seguir ilustra a visão de uma pessoa míope com e sem o uso de instrumentos corretores.



Figura 33: Visão de uma pessoa com e sem o uso de instrumentos corretivos.

Considerando que a atleta consegue enxergar normalmente até uma distância de 2,0 m, qual deve ser a vergência da lente utilizada pela atleta?

- (a) -0,5 di
- (b) +0,5 di
- (c) -40,5 di
- (d) +40,5 di
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

Considere que o olho humano pode ser tratado como uma lente delgada da qual a retina está a uma distância de 2,5 cm.

**Solução 14.** [Alternativa (a)] Para que a atleta consiga enxergar normalmente a lente utilizada deve produzir uma imagem virtual de um objeto distante a uma distância de  $200 \text{ cm} = 2,00 \text{ m}$  da lente. Logo, a vergência da lente será  $V = -1/2,0 = -0,5 \text{ di}$ .

**Problema 15.** A terceira medalha de ouro brasileira nas Olimpíadas de Paris foi atingida pelas atletas Duda e Ana Patrícia no vôlei de praia.

Essa competição, disputada em duplas, é realizada numa quadra de  $16 \text{ m} \times 8 \text{ m}$  dividida em duas partes iguais, onde fica cada dupla.

Essa competição costuma ocorrer durante o dia e a temperatura da areia na quadra pode ser um dos fatores que dificultam a atuação das atletas.

Considerando que a radiação solar que chega à Terra (sob incidência perpendicular) é cerca de  $1,4 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$ , qual a quantidade de energia que atinge a quadra durante uma partida com cerca de 1 h de duração?

- (a) 65 MJ
- (b) 161 MJ
- (c) 323 MJ
- (d) 645 MJ
- (e) nenhuma das alternativas anteriores.

**Solução 15.** [Alternativa (d)] A energia total é obtida multiplicando a potência  $P$  que atinge a quadra no intervalo de tempo considerado. Como é dada a intensidade  $I$  de radiação solar, sob incidência normal, vamos assumir que este seja o valor durante uma partida para escrever  $E = P \cdot \Delta t = I \cdot A \cdot \Delta t = I \cdot a \cdot b \cdot \Delta t$ , em que  $a$  e  $b$  são as dimensões da quadra. Substituindo os valores do enunciado, temos:  $E = 1,4 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 3600 = 6,45 \cdot 10^8 \text{ J} = 645 \text{ MJ}$ .



## **2ª fase do TFM**

Nível A - Ensino Fundamental



## Problema 1 - Rede cristalina (20 pontos)

Uma célula unitária de um cristal de cloreto de sódio (sal comum - NaCl) é a região dentro de um cubo com comprimento de aresta  $a = 5,0 \cdot 10^{-10}$  m (Fig. 34). Os círculos pretos na figura representam a posição dos átomos de sódio, enquanto os círculos brancos são átomos de cloro. Todo o cristal de sal comum é uma repetição dessas células unitárias.

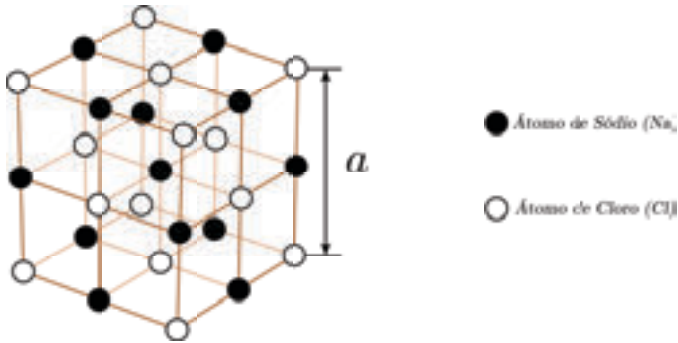


Figura 34: Estrutura cristalina do sal de cozinha, os átomos em preto indicam o Sódio (Na) e em branco o Cloro (Cl).

Costuma-se definir a massa de um átomo em unidades de massa atômica (u.a.) ou simplesmente u de maneira que  $1 \text{ u} = \text{massa de um átomo de hidrogênio}$ . A partir dessa definição, sabe-se que a massa atômica do sódio é 23 u e a do cloro é 35,5 u.

**1.a** Determine quantos átomos de Sódio (Na) e de Cloro (Cl) estão contidos dentro de uma célula unitária de um cristal de cloreto de sódio.

### Solução 1.a:

Num cristal de cloreto de Sódio há

$$8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4 \text{ átomos de Cloro}$$









































































## **Estudantes medalhistas**







Mirela Carneiro Uchoa  
*Colégio Farias Brito Pré-  
vestibular Central - Fortaleza - CE*

Thayssa Dias Pereira Otaviano  
*Centro Educacional Rural - Pires Ferreira - CE*







Sarah Vieira de Oliveira  
*Objetivo Centro Interescolar Uni-  
dade Paulista - São Paulo - SP*

Sofia Nakamura Chueiri  
*Objetivo Centro Interescolar Uni-  
dade Paulista - São Paulo - SP*













Letícia Samara Macêdo do Nascimento  
*Colégio GGE - Recife - PE*

Melissa Hefti Gargiulo  
*Colégio Etapa de EFM - São Paulo - SP*





















Sara Viana Pinheiro  
*Colégio Master - Fortaleza - CE*









Nicole Silva dos Santos

*IFBA campus Jacobina - Jacobina - BA*

Paula Huan Zhi Zeng

*Objetivo Centro Interescolar Unidade Vergueiro - São Paulo - SP*

Sarah Evangelina Silva Dantas

*7 de Setembro Colegio - EBS - Fortaleza - CE*

Suzana Vitorino de Souza

*Instituto Educacional de Americana - Americana - SP*

Taysa Fernanda Luz Moreira

*Instituto Dom Barreto Centro - Teresina - PI*









Maria Isabelly Soares Pedrosa

*EEEP Professor Plácido Aderaldo Castelo - Mombaça - CE*

Nádia Xavier Silva de Araújo

*IFRN campus Natal - Central - Natal - RN*

Raika Vieira Silva

*IFNMG campus Almenara - Almenara - MG*

Samara Hermínia Pagan Rodrigues

*Colégio Villa Lobos - Amparo - SP*

Semily Souza Nascimento

*IFBA campus Porto Seguro - Porto Seguro - BA*

Stephany Vitoria Fernandes Silva

*Fundação Matias Machline - Manaus - AM*

Tarsila Ribeiro do Nascimento

*Colégio Militar Tiradentes V - Timon - Timon - MA*

Vitoria Gomes Ramos

*EEEP Gerardo Cristino de Menezes - Coreaú - CE*

## Medalhistas TFM 2024

3º e 4º anos do Ensino Médio

### Medalha de Bronze

Ana Heloisa Moraes Assunção

*IFMG campus Governador Valadares - Governador Valadares - MG*

Ana Luisa Nascimento Santos

*CETI José Narciso da Rocha Filho - Piripiri - PI*

Beatriz Amaral

*Liceu Portinari de Ensino Médio - Limeira - SP*

Beatriz Carvalho Valois Marinho

*IFBA campus Jacobina - Jacobina - BA*

Bianca Celi dos Santos

*Colégio Militar de Porto Alegre - Porto Alegre - RS*

Brigite Milan Câmara

*Ábaco III Colegio - São Bernardo do Campo - SP*

Clara Porto Scartezini

*CED Projecao Sobradinho - Brasília - DF*

Driely Muniz Ayres  
*EE Professor Sebastião Fernan-  
des Palma - Ribeirão Preto - SP*

Frida Terto Abrantes de Almeida  
*Colégio Santa Marcelina - São Paulo - SP*

Gabriela Maria Barros Lima  
*Colégio Ari de Sá Cavalcante - Du-  
que de Caxias - Fortaleza - CE*

Giovana Leite Paião  
*IF Sul de Minas - campus Poços  
de Caldas - Poços de Caldas - MG*

Giovanna Batelli Cardoso  
*Colégio Amorim - São Paulo - SP*

Gisele Quaresma Rocha  
*ETEC Parque Belém - São Paulo - SP*

Hevellyn Samanta Santos Medeiros  
*U E EMB Espedito Resende - Piripiri - PI*

Isadora Bezerra Moraes  
*CETI Cônego Cardoso - Castelo do Piauí - PI*

Jovânia Alves Pinto de Oliveira  
*IFNMG campus Januária - Januária - MG*

Kamilla Araújo Hermenegildo  
*IFBA campus Barreiras - Barreiras - BA*

Livia da Cruz Viana  
*Escola Sesi Emilia Massanti - Belo Horizonte - MG*

Maria Alice Dantas Diógenes  
*IFRN campus Apodi - Apodi - RN*

Maria Daiane da Silva Magalhães  
*CEEPRU Governador Hugo Napoleão - Piripiri - PI*

Maria Eduarda Candeira Moraes  
*IFB campus Riacho Fundo - Brasília - DF*

Maria Eduarda Silva Brandão  
*7 de Setembro Colegio - EBS - Fortaleza - CE*

Maria Fernanda Soares da Rocha  
*Escola Técnica Estadual José Humberto  
de Moura Cavalcanti - Limoeiro - PE*

Maria Fernanda Spagliari Gomes Ferreira  
*Colégio Santa Marcelina - São Paulo - SP*

Mariana Mello Assis de Bem  
*IF Sudeste MG campus Muriaé - Muriaé - MG*

Mariana Pimentel Silva  
*IFMG campus Governador Valadares - Governador Valadares - MG*

Mariana de Oliveira Zolesi  
*Colégio Santa Marcelina - São Paulo - SP*

Marianna Augusta Dantas  
*IFRN campus Currais Novos - Currais Novos - RN*

Ranyeale da Silva Mazoque  
*IF Sudeste MG campus Muriaé - Muriaé - MG*

Rebeka Yasmim Martins de Oliveira  
*IFRN campus Natal - Central - Natal - RN*

Victtória Mayra Sinésio Ferreira  
*Colégio Pedro II campus Centro - Rio de Janeiro - RJ*

Yasmin Vitória Graça  
*Escola Estadual Professor Eduardo Soares - Alambari - SP*





## **Estatísticas de participantes**



## Estudantes inscritas

Na edição do Torneio de Física para Meninas de 2024 tivemos 3873 meninas inscritas para realizar a prova online da primeira fase, o que representa um aumento de 119% com relação à edição anterior. Inscreveram-se na competição estudantes de 816 escolas em 402 diferentes municípios do Brasil.

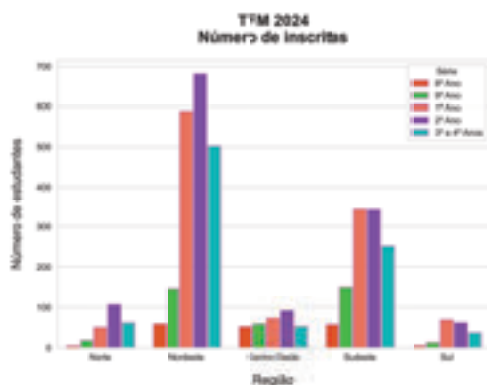


Figura 41: Número de estudantes inscritas no TFM 2024 por série em cada região do país.

Com exceção da região sudeste, na qual o número de estudantes provenientes de escolas públicas é levemente inferior ao de escolas privadas, a maior parte das estudantes inscritas no TFM 2024 é de escolas públicas. No total, as escolas públicas representaram 65% das inscrições.

Do total de inscritas, a região nordeste destaca-se em número de inscritas no ensino médio, em comparação com as demais regiões. As inscritas no ensino fundamental concentram-se no Nordeste e Sudeste, com números semelhantes. O número de estudantes do 2º ano do ensino médio é superior ao das demais séries.

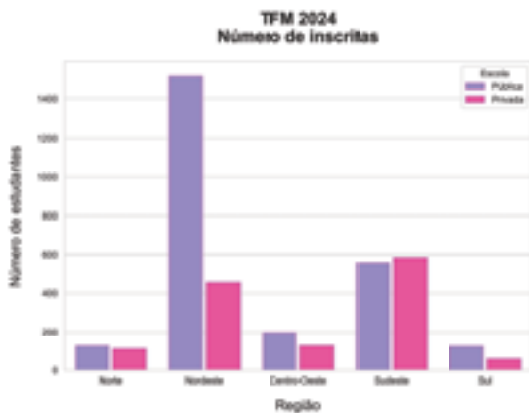


Figura 42: Número de estudantes inscritas no TFM 2024 por tipo de escola (pública ou privada) em cada região do país.

Na figura 43 está destacada a participação de estudantes de todos os estados do Brasil. Esse resultado é considerado extraordinário por se tratar da 2ª edição do TFM.

No mapa em destaque na figura 43, está representada a variação no número de inscritas entre a 1ª e a 2ª edição do TFM. Destacaram-se os estados do Piauí e de Pernambuco, com um aumento expressivo de estudantes inscritas.

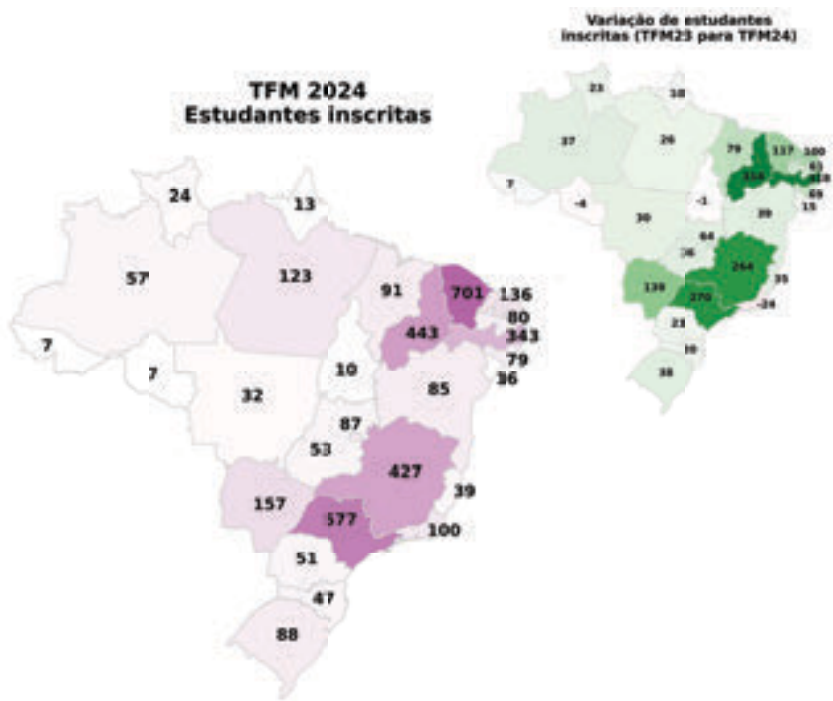


Figura 43: Distribuição de estudantes inscritas no TFM 2024, por estado. No mapa em destaque está indicada a variação, em número de estudantes inscritas, entre as edições do TFM 2024 e TFM 2023 para cada estado brasileiro.

## Participantes da 2ª fase

Nesta edição, 792 estudantes foram selecionadas para fazer a 2ª fase. As provas foram realizadas presencialmente em 147 locais de aplicação distribuídos em todo o Brasil.

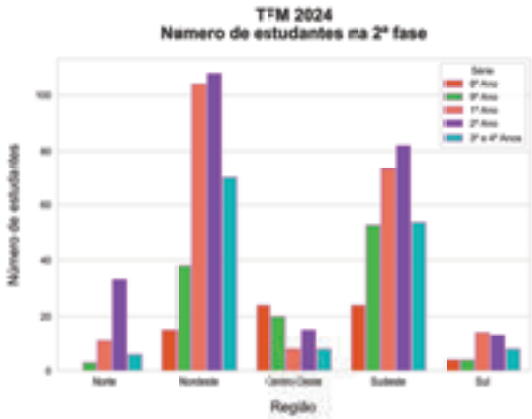


Figura 44: Número de estudantes participantes da 2ª fase do TFM 2024 por série em cada região do país.

Foram aprovadas para a 2ª fase estudantes de todas as cinco regiões do Brasil. O destaque foi, novamente, para a região nordeste por ter atingido a maior concentração de estudantes nessa etapa.

A distribuição entre estudantes de escolas públicas e privadas classificadas para a 2ª fase mostra-se equilibrada. Aqui destacam-se o Sudeste na participação de estudantes de escolas privadas e o Nordeste na participação de estudantes de escolas públicas.



Figura 45: Número de estudantes participantes da 2ª fase do TFM 2024 por tipo de escola (pública ou privada) em cada região do país.

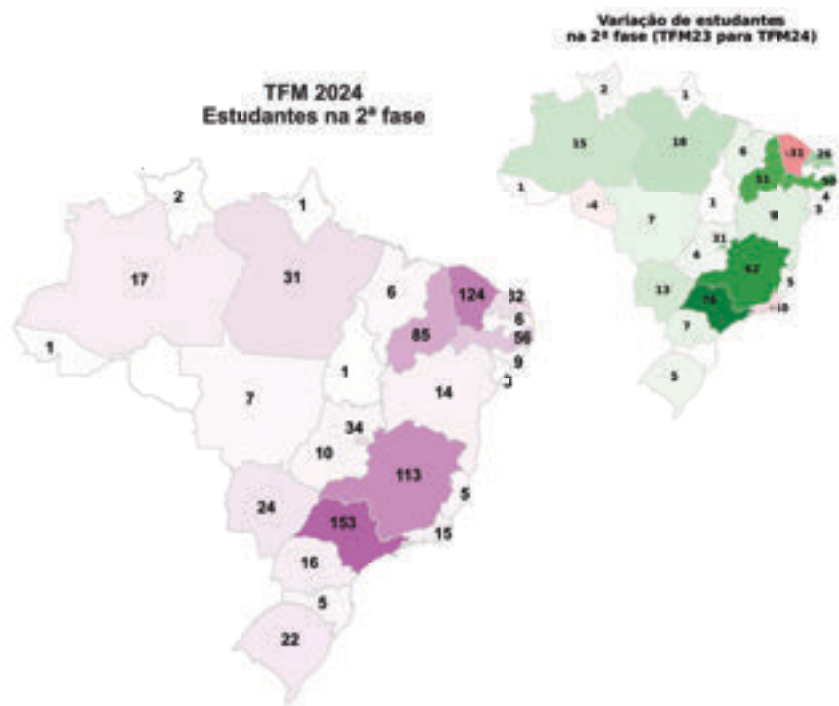


Figura 46: Número de estudantes participantes da 2ª fase do TFM 2024 em cada estado brasileiro. No mapa em destaque está indicada a variação, em número de estudantes, entre as edições do TFM 2024 e TFM 2023 para cada estado brasileiro.

Com relação à distribuição por estado, na 2ª fase participaram estudantes de todos os estados (veja a figura 46), exceto Rondônia. No mapa em destaque que representa a variação de estudantes dessa edição em relação à edição de 2023, podemos notar que apenas três estados tiveram diminuição de estudantes. Entretanto, considerando o impacto do Ceará no TFM, segundo estado com maior número de participantes, a diminuição de estudantes na 2ª fase significa uma melhor distribuição entre outros estados brasileiros.

# Estudantes medalhistas

No TFM 2024 foram premiadas 256 estudantes com medalhas de ouro, prata e bronze. Essas estudantes estão distribuídas em 83 municípios diferentes e 140 escolas.



Figura 47: Número de estudantes do ensino fundamental premiadas no TFM 2024 por série em cada região do país.



Figura 48: Número de estudantes do ensino médio premiadas no TFM 2024 por série em cada região do país.

As figuras 47 e 48 mostram que a concentração de premiadas do ensino fundamental e do ensino médio está nas regiões Sudeste e Nordeste. O Sudeste destaca-se pelo número de meninas premiadas no ensino fundamental, enquanto que no ensino médio, a maior parte das estudantes premiadas está na região Nordeste.



Figura 49: Número de estudantes premiadas no TFM 2024 por tipo de escola (pública ou privada) para cada medalha (ouro, prata e bronze).

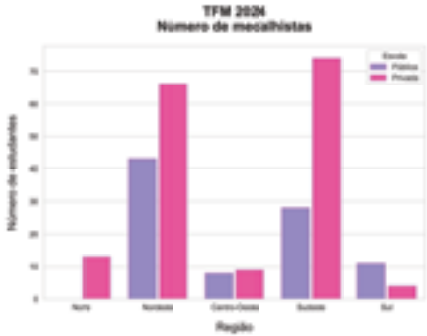


Figura 50: Número de estudantes premiadas no TFM 2024 por tipo de escola (pública ou privada) em cada região do país.

Entre estudantes de escolas públicas e privadas a distribuição percentual de medalhas foi de 35% e 65%, respectivamente, sendo no Nordeste a maior concentração de estudantes medalhistas de escolas públicas. A região Sul é a única onde o número de medalhistas de escolas públicas supera o número de meninas de escolas privadas.

Houve medalhistas de ouro, prata e bronze nas cinco regiões do país. Com relação à distribuição de medalhas de ouro, prata e bronze, a região Nordeste teve o melhor desempenho entre as medalhas de ouro e prata, enquanto a região Sudeste se destacou em número de medalhistas de bronze.

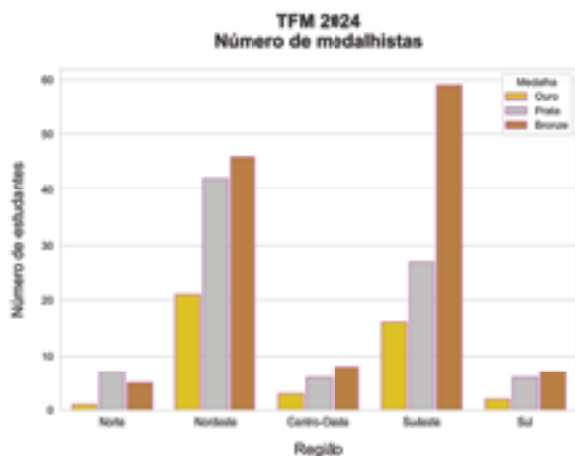


Figura 51: Número de estudantes premiadas no TFM 2024 por tipo de medalha (ouro, prata ou bronze) em cada região do país.

No mapa da figura 52 está representada a distribuição de medalhistas por estado. São Paulo é o estado com maior número de meninas premiadas, seguido pelo estado de Ceará.

Foram premiadas estudantes em 21 estados diferentes, na edição anterior eram 18 estados. Esse aumento mostra uma maior diversidade geográfica de estudantes medalhistas. Isso está em consonância com a premissa do TFM de inspirar meninas onde quer que elas estejam.

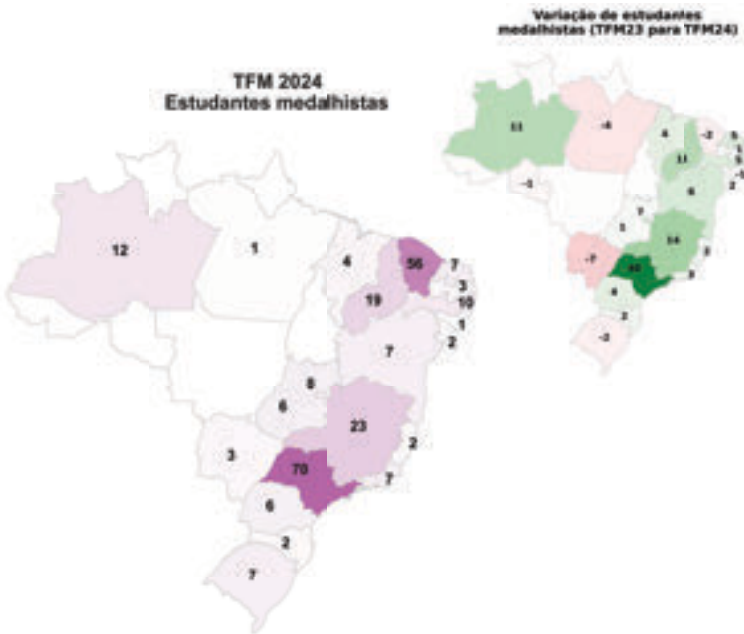


Figura 52: Número de estudantes medalhistas no TFM 2024 em cada estado brasileiro. No mapa em destaque está indicada a variação, em número de estudantes, entre as edições do TFM 2024 e TFM 2023 para cada estado brasileiro.





## **Comissão organizadora**





## **Comissão Organizadora**

Maria Luiza Miguez (IFNMG & IIF-UFRN)  
*Coordenadora Geral*

Nara Martini Bigolin (UFSM)  
*Coordenadora do Movimento Meninas Olímpicas*

Graciana dos Santos de Sousa (IFPA)

Juliana Rodrigues Franco (IFMG)

Nadia Ferreira de Andrade Esmeraldo (IFCE)

Nathália Beretta Tomazio (IF-USP)

Yara Hellen Firmo Gomes (IFSC-USP)

Fernando Wellysson de Alencar Sobreira (IFCE & IIF-UFRN)

Klaus Werner Capelle (UFABC & IIF-UFRN)

Robson Campanerut da Silva (IFCE)

### Instituições apoiadoras



### Instituições promotoras



### Financiamento



### Instituição realizadora







Escaneie o QR Code  
e acesse nossas  
publicações.

