

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA**

Nicollas Luduvichack Barbosa Amaral

**Uma Análise Vertical da I Maratona de Física da
Universidade Federal de Uberlândia à Luz da
Teoria Antropológica do Didático**

Uberlândia
2026

Nicollas Luduvichack Barbosa Amaral

**Uma Análise Vertical da I Maratona de Física da Universidade Federal de
Uberlândia à Luz da Teoria Antropológica do Didático**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Física da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para obtenção
do título de licenciado em Física.

Orientador: Orientadora: Prof. Dra. Débora
Coimbra

Uberlândia
2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Curso de Graduação em Física - Licenciatura
Av. João Naves de Ávila, nº 2121. Campus Santa Mônica - Bairro Santa Mônica,
Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 3239 4417 - <http://www.infis.ufu.br/graduacao/fisica-licenciat> -
cofis@ufu.br



Ata de Defesa - Graduação

Curso de Graduação em:	Física, grau licenciatura				
Defesa de:	Trabalho de Conclusão de Curso 2 (GFC041) ou Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC - II) - INFIS31003				
Data:	06/03/2026	Hora de início:	18:10	Hora de encerramento:	19:34
Matrícula do Discente:	12011FIS216				
Nome do Discente:	Nicollas Luduvichack Barbosa Amaral				
Título do Trabalho:	Uma Análise Vertical da I Maratona de Física da UFU à Luz da Teoria Antropológica do Didático				

Reuniu-se no Auditório 50 F, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Física, grau Licenciatura, assim composta: **Prof(a). Dr(a). Débora Coimbra** (orientadora) - **INFIS/UFU**, **Prof. Dr. Fernando Rodrigo Rafaeli** - **IME/UFU** e pelo **Prof. Dr. Gustavo Foresto Brito de Almeida** - **INFIS/UFU**.

Iniciando os trabalhos, a presidenta da mesa, **Prof(a). Dr(a). Débora Coimbra** apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público e concedeu ao discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do curso.

A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos membros da banca examinadora, que passaram a arguir o candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Debora Coimbra Martins**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 10/03/2026, às 16:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Foresto Brito de Almeida, Professor(a) do Magistério Superior**, em 10/03/2026, às 16:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Rodrigo Rafaeli, Professor(a) do Magistério Superior**, em 10/03/2026, às 19:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **7103138** e o código CRC **61AC3CE6**.

Referência: Processo nº 23117.012738/2026-55

SEI nº 7103138

Dedico este trabalho à minha família e a todos aqueles que me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meu pai, que nunca me abandonou, sempre me apoiando nesta jornada com muito amor e compreensão. Por me fazer quem sou hoje, não tenha dúvida que todo êxito que obtenho é seu também.

À minha esposa Emily, agradeço por estar sempre ao meu lado, dividindo as dificuldades e as conquistas, inabalável. Por me apoiar incondicionalmente, não medindo esforços para me ajudar em minhas árduas demandas. Sua companhia tornou as adversidades mais leves de enfrentar e as realizações mais felizes de se comemorar.

Agradeço imensamente a minha professora e orientadora Debora Coimbra por ser uma excelente profissional e uma pessoa incrível. Sem ti, nem sequer poderia estar falando agora sobre uma Maratona de Física no pretérito perfeito. Obrigado por ter me orientado, compartilhando seus muitos saberes sempre com muita disposição. Mais que isso, sou muito grato por ter comprado a ideia de um jovem sonhador e por toda dedicação e cuidado com nosso projeto.

Ao professor e amigo Fernando Rodrigo Rafaeli, meus sinceros agradecimentos por sempre acreditar em mim neste percurso, desde as primeiras interações que compartilhamos. Agradeço por, mesmo numa posição consolidada, não temer buscar o novo: novos conhecimentos, novas experiências, novos campos, pois este ímpeto além de inspirador trouxe frutos na forma de uma primeira Maratona de Física - a primeira de muitas, espero.

Ao PET Física Licenciatura e especialmente ao Museu DICA, agradeço por todo o subsídio e recursos que possibilitaram que o evento da Maratona ocorresse da melhor forma.

Agradeço imensamente àqueles que tive o privilégio de trabalhar junto durante a Maratona: ao professor Alexandre Marletta, que trouxe contribuições indispensáveis e que compartilhou comigo conhecimentos que guardarei para toda vida. Ao colega Mateus Max, que se dispôs a enfrentar o desafio de somar num projeto já em andamento e, mesmo assim, foi crucial para a equipe com sua colaboração. Ao meu grande amigo Enzo de Sá, que acreditou no projeto quando este nem sequer se mostrava uma realidade, aceitando o meu convite sem pensar duas vezes. Aos amigos Nereu Moreira e Maria Cecília, agradeço imensamente também por terem aceito o convite para esta jornada, onde mesmo participando já de um grande projeto não mediram esforços para fazer acontecer, tendo papel fundamental nas discussões teóricas, elaboração de questões, entre tantas outras funções. À equipe, foi gratificante trabalhar com cada um de vocês.

Agradeço a minha família, professores, amigos e todos aqueles que dividiram comigo momentos que me tornaram quem sou hoje.

Por fim, agradeço a Deus e aos que com ele estão, pois *“Até aqui nos ajudou o Senhor.”*

*[...] ‘Gostar de algo é melhor do que meramente conhecê-lo.
Encontrar alegria nesse algo é melhor do que meramente gostar dele’.*

Analectos de Confúcio, VI:20

RESUMO

O presente trabalho descreve a concepção, elaboração e análise da I Maratona de Física (IMAFIS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), um projeto de extensão universitária criado para preencher uma lacuna de competições científicas com caráter investigativo na região. A pesquisa tem como objetivo geral analisar as questões formuladas para o evento sob a lente da Teoria Antropológica do Didático (TAD), respondendo ao questionamento central: “Como elaborar questões para uma competição científica regional para estudantes de nível médio?”. O processo de elaboração iniciou-se com o estudo exploratório das matrizes da Olimpíada Brasileira de Física (OBF), da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP) e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Para compreender a calibração e a estruturação desses instrumentos, buscou-se embasamento métrico na psicometria, especificamente na Teoria Clássica dos Testes (TCT) e na Teoria da Resposta ao Item (TRI). Contudo, para transcender a mera avaliação somativa e investigar qualitativamente os processos dos grupos de estudantes frente aos problemas, adotou-se o quarteto praxeológico da TAD como elementos de análise. O percurso metodológico consistiu em uma análise vertical das respostas das equipes ao longo das quatro etapas da Maratona (objetiva, discursivas e experimental), buscando identificar as tarefas, técnicas, tecnologias e teorias mobilizadas. Os resultados evidenciam que a instituição escolar de Ensino Médio prepara os alunos quase que exclusivamente para o bloco prático-técnico. As equipes demonstraram proficiência em efetuar cálculos, isolar variáveis e traçar gráficos análogos aos problemas tradicionais de lápis e papel. No entanto, quando exigidas a modelar fenômenos — como interpretar o referencial de uma balança na Fase 2 ou operar fisicamente com vetores na Fase Final —, constatou-se que o bloco tecnológico-teórico não foi suficiente ou adequado. A matemática estava presente, mas faltavam as associações e interpretações físicas que a justificassem. A avaliação quantitativa da primeira fase atestou o equilíbrio do instrumento, comprovando que este conseguiu engajar os estudantes sem ser desmotivante ou excessivamente difícil. Conclui-se que os erros mapeados não são falhas na formulação da prova, mas o reflexo direto da maneira mecânica e fragmentada como os conceitos são trabalhados no ensino médio, gerando uma relação que se distancia profundamente da relação institucional esperada. A prova consolida-se, assim, como um instrumento de diagnóstico profícuo.

Palavras-chave: Competições Científicas. Teoria Antropológica do Didático. Ensino de Física. Avaliação Educacional.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Comitê Organizador da I Maratona de Física (IMAFIS)	13
Figura 1 – O Processo Avaliativo na Teoria Antropológica do Didático	16
Quadro 2 – Estrutura da Organização Praxeológica na TAD	17
Quadro 3 – Questão 1 da Prova Objetiva	25
Quadro 4 – Organização Praxeológica - Questão 1	25
Gráfico 1 – Gráfico de Resultados Questão 1 da Prova Objetiva	26
Quadro 5 – Questão 2 da Prova Objetiva	27
Quadro 6 – Organização Praxeológica - Questão 2	28
Gráfico 2 – Gráfico de Resultados Questão 2 da Prova Objetiva	28
Quadro 7 – Questão 3 da Prova Objetiva	29
Quadro 8 – Organização Praxeológica - Questão 3	30
Gráfico 3 – Gráfico de Resultados Questão 3 da Prova Objetiva	30
Quadro 9 – Questão 4 da Prova Objetiva	31
Quadro 10 – Organização Praxeológica - Questão 4	32
Gráfico 4 – Gráfico de Resultados Questão 4 da Prova Objetiva	32
Quadro 11 – Questão 5 da Prova Objetiva	34
Quadro 12 – Organização Praxeológica - Questão 5	35
Gráfico 5 – Gráfico de Resultados Questão 5 da Prova Objetiva	35
Quadro 13 – Questão 6 da Prova Objetiva	36
Quadro 14 – Organização Praxeológica - Questão 6	37
Gráfico 6 – Gráfico de Resultados Questão 6 da Prova Objetiva	37
Quadro 15 – Questão 7 da Prova Objetiva	38
Quadro 16 – Organização Praxeológica - Questão 7	39
Gráfico 7 – Gráfico de Resultados Questão 7 da Prova Objetiva	39
Quadro 17 – Questão 8 da Prova Objetiva	40
Quadro 18 – Organização Praxeológica - Questão 8	41
Gráfico 8 – Gráfico de Resultados Questão 8 da Prova Objetiva	42
Quadro 19 – Questão 9 da Prova Objetiva	43
Quadro 20 – Organização Praxeológica - Questão 9	43
Gráfico 9 – Gráfico de Resultados Questão 9 da Prova Objetiva	44
Quadro 21 – Questão 10 da Prova Objetiva	46
Quadro 22 – Organização Praxeológica - Questão 10	47
Gráfico 10 – Gráfico de Resultados Questão 10 da Prova Objetiva	48

Quadro 23 – Questão 11 da Prova Objetiva	49
Quadro 24 – Organização Praxeológica - Questão 11	49
Gráfico 11 – Gráfico de Resultados Questão 11 da Prova Objetiva	50
Quadro 25 – Questão 12 da Prova Objetiva	51
Quadro 26 – Organização Praxeológica - Questão 12	52
Gráfico 12 – Gráfico de Resultados Questão 12 da Prova Objetiva	52
Quadro 27 – Síntese da 1ª Fase	54
Quadro 28 – Categorização Praxeológica das Respostas (Fases Discursivas)	57
Quadro 29 – Organização Praxeológica - Questão Discursiva (Fase 2)	59
Gráfico 13 – Distribuição da Praxeologia das Resposta da 2ª Fase	60
Gráfico 14 – Média de Desempenho por Item	60
Quadro 30 – Síntese dos Diagnósticos Praxeológicos - Fase 2 (Extensômetro)	62
Quadro 31 – Organização Praxeológica - Questão Discursiva (Fase 3)	63
Gráfico 15 – Distribuição da Praxeologia das Resposta da 3ª Fase	64
Gráfico 16 – Média de Desempenho por Item	66
Quadro 32 – Síntese dos Diagnósticos Praxeológicos - Fase 3 (Vazão de Reservatórios)	66
Quadro 33 – Síntese dos Diagnósticos Praxeológicos - Fase Final (Experimental)	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3	METODOLOGIA	18
3.1	Caracterização da Pesquisa	18
3.2	O Contexto da Pesquisa: A I Maratona de Física da UFU	19
3.3	Instrumentos e Procedimentos de Análise	20
3.3.1	A Análise dos Instrumentos Geradores: O Modelo Praxeológico de Referência	20
3.3.2	A Análise dos Instrumentos de Registro	21
3.4	Procedimentos de Tratamento dos Dados: A Análise de Conteúdo . .	21
3.4.1	1ª Fase: A Pré-Análise	22
3.4.2	2ª Fase: Exploração do Material e Categorização	22
3.4.3	3ª Fase: Tratamento dos Resultados e Inferência	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
4.1	Primeira Fase: Prova Objetiva	24
4.1.1	Análise da Questão 1: Mecânica e Conservação de Energia	24
4.1.2	Análise da Questão 2: Potência Elétrica e Dimensionamento	26
4.1.3	Análise da Questão 3: Ondulatória e Espectro Eletromagnético	29
4.1.4	Análise da Questão 4: Segunda Lei de Newton e Cinemática	31
4.1.5	Análise da Questão 5: Cinemática Vetorial e Lançamento Oblíquo	33
4.1.6	Análise da Questão 6: Eletrostática e Série Triboelétrica	36
4.1.7	Análise da Questão 7: Termologia e Propagação de Calor	38
4.1.8	Análise da Questão 8: Efeito Fotoelétrico e Função Trabalho	40
4.1.9	Análise da Questão 9: Eletromagnetismo e Indução	42
4.1.10	Análise da Questão 10: Física Moderna, Decaimento e Vetores	45
4.1.11	Análise da Questão 11: Física Moderna e Espectro Eletromagnético	48
4.1.12	Análise da Questão 12: Cinemática Vetorial e Análise Gráfica	51
4.1.13	Síntese Praxeológica e Padrões de Erro	53
4.2	As Fases Discursivas: Modelagem e Tratamento de Dados	56
4.2.1	Análise da Questão de Segunda Fase	58
4.2.2	Análise da Questão de Terceira Fase	62

4.2.3	Síntese Praxeológica das Fases Discursivas	67
4.3	Fase Final: Questão Experimental	68
5	À GUIA DE CONCLUSÃO	70
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	APÊNDICE A – CADERNO DE QUESTÕES DA 2ª FASE	72
	APÊNDICE B – CADERNO DE QUESTÕES DA 3ª FASE	74
	APÊNDICE C – CADERNO DE QUESTÕES DA FASE FINAL	75

1 INTRODUÇÃO

Durante toda minha trajetória escolar, sempre estive dentro da rede pública de ensino. Dentre todas as experiências que tive neste contexto, as mais marcantes eram justamente as que traziam algum elemento externo àquele ao qual eu estava imerso durante as aulas, como o antigo programa Mais Educação no ensino fundamental, que trazia no contraturno atividades de aprendizagem diversas com profissionais externos à escola, ou quando no ensino médio convivía com discentes da universidade por meio do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Como licenciando, é inegável que tais fatores tiveram grande influência em minha forma de enxergar o processo de ensino-aprendizagem, especialmente quando conheci os pilares da universidade pública no Brasil: ensino, pesquisa e extensão.

Como discente da licenciatura, ingressei no PIBID na primeira oportunidade que ocorreu, vivenciando ativamente durante 18 meses essa interface entre a universidade e a escola de ensino básico. Neste, que se tratava de um projeto interdisciplinar entre os cursos de licenciatura em Física e Matemática, pude ter mais contato com as vivências de um curso que não o meu. Neste contexto, passei a ser mais assíduo nas movimentações do Instituto de Matemática e Estatística (IME), sempre que possível participando de seus eventos.

Dentre eles, uma categoria de eventos me chamou especial atenção: as maratonas de matemática, contemplando o Ensino Fundamental e Médio. Se tratava de uma competição na qual os alunos das redes pública e privada saíam de suas escolas para o espaço físico da universidade e vivenciavam experiências certamente memoráveis.

Neste contexto, o Prof. Dr. Fernando Rodrigo Rafaeli, com o qual eu havia colaborado em vários projetos à época, era um dos organizadores destas maratonas. Em uma de nossas conversas, ele levantou uma dúvida que eu já havia feito a mim mesmo anteriormente: “*Por que não uma Maratona de Física?*”. Assim surgiu a constatação da existência deste espaço vazio e, portanto, da possibilidade de se implementar esta proposta de extensão.

Motivado a fazer algo ainda inédito junto ao Instituto de Física (INFIS), busquei a expertise da Profa. Dra. Debora Coimbra. Afinal, o projeto também não poderia só ocorrer por ocorrer, mas deveria sim ter uma intencionalidade inerente à ele. Neste ponto, a Profa. Debora propôs que além da extensão, deveríamos abraçar a completude dos pilares: uma pesquisa sobre um projeto de extensão que pudesse orientar o ensino. É desta forma que teve início, em 2025, a organização da I Maratona de Física da Universidade Federal de Uberlândia (IMAFIS - UFU). O Quadro 1 lista a equipe mobilizada à época.

Quadro 1 – Comitê Organizador da I Maratona de Física (IMAFIS)

Membro	Função na Organização
Prof. Dra. Debora Coimbra	Coordenadora Geral
Prof. Dr. Fernando Rodrigo Rafaeli	Idealizador e Vice-coordenador
Prof. Dr. Alexandre Marletta	Vice-coordenador
Jefferson Rafael de Oliveira Souza	Revisor de Questões
Enzo de Sá Pavan Souza Maria Cecília Confessor Mateus Max Pinheiro Nereu Moreira Diniz Filho Nicollas Luduvichack Barbosa Amaral	Equipe Organizadora, Elaboração das Questões

Fonte: Elaborado pelo autor.

A equipe (Quadro 1) foi responsável pela totalidade dos processos relativos à Maratona, destacando-se a elaboração das questões. Com a definição do formato, emergiu a necessidade de não apenas aplicar uma prova, mas de compreender a fundo esse instrumento de avaliação que estávamos construindo. Conforme discutido inicialmente, a intencionalidade pedagógica do projeto exigia um olhar científico e crítico sobre o nosso próprio fazer.

É neste contexto de elaboração e reflexão que se estrutura a questão central desta pesquisa: *“Como elaborar questões para uma competição científica regional para estudantes de nível médio?”*

Para responder a esta indagação e guiar a investigação sob um escopo teórico, foram delineados os objetivos deste trabalho.

O objetivo geral consiste em analisar questões de uma maratona de Física de acordo com o referencial da Teoria Antropológica do Didático (TAD), por meio da análise praxeológica.

Para o alcance desta meta principal, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar as tarefas, técnicas, tecnologias e teorias propostas nas questões analisadas;
2. Comparar a praxeologia usada nas questões da maratona com as praxeologias tradicionalmente presentes no contexto escolar.

Com os objetivos traçados, o desafio prático passou a ser a própria elaboração das questões. Para isso, o movimento inicial consistiu em investigar instrumentos de avaliação já consolidados, analisando matrizes e itens da Olimpíada Brasileira de Física (OBF), da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP) e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). O intuito era mapear a estrutura, a calibração e o nível de modelagem que essas provas exigem dos estudantes em larga escala.

Para compreender a engenharia por trás da elaboração dessas avaliações, buscamos embasamento na literatura psicométrica, que tradicionalmente se apoia em dois grandes referenciais: a Teoria Clássica dos Testes (TCT) e a Teoria de Resposta ao Item (TRI). A TCT, conforme detalha Braga (2023), propõe a avaliação da prova como um todo, utilizando índices estatísticos de dificuldade e discriminação para mensurar o desempenho global, configurando-se como um modelo robusto de avaliação somativa.

Por outro lado, provas contemporâneas de caráter multidimensional, como o ENEM, fundamentam-se na segunda citada, a TRI. Como explica Nojosa (2002), a TRI foca no item de forma isolada, relacionando matematicamente a probabilidade de acerto com a proficiência real (o traço latente) do aluno, o que permite posicionar o nível da questão e a habilidade do respondente em uma mesma escala padronizada e invariante.

O estudo da TCT e da TRI nos forneceu um panorama valioso sobre como grandes exames garantem a validade, a confiabilidade e o balanceamento de suas questões. Essa base métrica foi fundamental para guiar nossa compreensão sobre o que constitui um teste bem calibrado. Contudo, como o escopo central desta pesquisa — e da própria intencionalidade da IMAFIS — reside em investigar o processo didático-pedagógico (como e por que os estudantes mobilizam determinados saberes físicos no momento da prova), definimos a TAD como nossa lente analítica principal. Enquanto a psicometria nos ensinou sobre a estrutura do teste, é a TAD que nos fornece os elementos de análise para mapear as tarefas, técnicas e tecnologias que emergem das resoluções das equipes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A Teoria Antropológica do Didático (TAD), desenvolvida inicialmente por Chevallard (1992) e aprofundada em seus trabalhos subsequentes (Chevallard, 1999), postula que a atividade matemática e científica é, fundamentalmente, uma atividade humana institucionalizada. Para a TAD, o saber não existe em um vácuo; ele é uma construção social que ganha vida e significado através das práticas desenvolvidas no seio de uma instituição.

Neste escopo teórico, três conceitos balizam a análise da difusão do conhecimento: a Instituição (*I*), o Sujeito (*S*) e o Objeto (*O*). Uma Instituição não se restringe a um espaço físico, mas compreende qualquer dispositivo social ou conjunto de regras que permita e imponha maneiras específicas de interagir com o saber — no contexto desta pesquisa, a própria I Maratona de Física atua como uma Instituição.

Chevallard (1992) define que os objetos de saber (*O*) manipulados nessas instituições possuem dupla natureza:

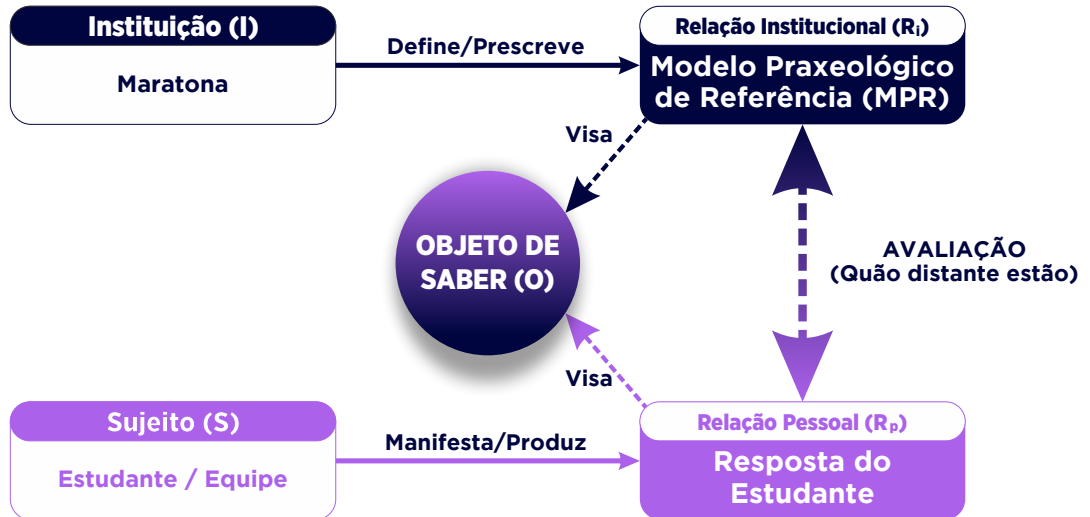
1. **Objetos Ostensivos:** São aqueles que têm natureza material, perceptível aos sentidos. Podem ser falados, escritos ou gesticulados. Na Física, são as fórmulas (ex: $E = m \cdot c^2$), os gráficos, os desenhos vetoriais e os termos técnicos enunciados.
2. **Objetos Não-Ostensivos:** São os conceitos puros, as ideias e abstrações que os objetos ostensivos tentam evocar, como os conceitos intangíveis de energia, força ou velocidade.

O aprendizado, sob a ótica da TAD, ocorre quando um Sujeito (*S*) passa a interagir com um Objeto (*O*) dentro de uma Instituição (*I*). A forma como a instituição dita que o objeto deve ser tratado é chamada de Relação Institucional ($R_I(O)$). Paralelamente, a forma como o indivíduo, com sua bagagem prévia, efetivamente lida com este objeto é a Relação Pessoal ($R_P(O)$). O ato de avaliar consiste, portanto, em medir a conformidade (ou a distância) entre a R_P e a R_I .

Para operacionalizar a descrição detalhada do que a Instituição espera do Sujeito, a pesquisa em didática utiliza o Modelo Praxeológico de Referência (MPR). O MPR atua como a formalização da Relação Institucional, descrevendo minuciosamente o conjunto de práticas e saberes estabelecidos para um dado objeto que são reconhecidos por aquela instituição.

Para ilustrar a dinâmica central da avaliação sob a ótica da TAD e o papel do MPR, propõe-se o diagrama esquemático apresentado na Figura 1. Nele, observa-se que o Objeto de Saber (*O*) ocupa uma posição central, sendo visado simultaneamente pela Instituição (*I*) e pelo Sujeito (*S*). A avaliação não é um julgamento sobre o sujeito em si, mas uma mensuração da distância praxeológica entre a relação institucional formalizada no MPR e a relação pessoal manifestada pelo estudante.

Figura 1 – O Processo Avaliativo na Teoria Antropológica do Didático



Fonte: Elaborado pelo autor , baseado nos pressupostos da TAD.

Para estruturar o MPR e modelar as atividades que constroem essas relações, Chevallard (1999) propõe que toda prática humana pode ser descrita por meio de Organizações Praxeológicas. Uma praxeologia é composta por quatro componentes estruturados em dois blocos indissociáveis (Quadro 2).

O primeiro é o Bloco da Práxis (ou bloco prático-técnico, o saber-fazer), formado pela Tarefa (*T*) e pela Técnica (τ). O segundo é o Bloco do Logos (ou bloco tecnológico-teórico, o saber-sábio), formado pela Tecnologia (θ) e pela Teoria (Θ).

Quadro 2 – Estrutura da Organização Praxeológica na TAD

Bloco	Componente	Símbolo	Definição e Função na Atividade Científica
A PRÁXIS (O Saber-Fazer)			
Prático-Técnico	Tarefa	T	O problema a ser resolvido; a ação ou situação-problema proposta ao estudante.
	Técnica	τ	O algoritmo, ferramenta algébrica ou procedimento ostensivo mobilizado para cumprir a Tarefa.
O LOGOS (O Saber-Sábio)			
Tecnológico-Teórico	Tecnologia	θ	O discurso racional que explica, justifica e garante a validade da Técnica perante a ciência.
	Teoria	Θ	O arcabouço teórico profundo (leis universais, axiomas não-ostensivos) que engloba e legitima a Tecnologia.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Chevallard (1999) e Almouloud (2015).

Nesta pesquisa, os erros dos estudantes não são tratados apenas como números, mas diagnosticados de acordo com o bloco em que ocorrem. Uma falha aritmética constitui uma ruptura no bloco da práxis, onde a técnica colapsa, embora o aluno saiba a teoria. Por outro lado, o uso de uma justificativa divergente do modelo físico reconhecido institucionalmente constitui uma inadequação tecnológico-teórica, isto é, uma ruptura no bloco do logos.

Por fim, a dinâmica dessas relações é regida pelo Contrato Didático, conceito oriundo da Teoria das Situações Didáticas de Brousseau (1998), incorporado e expandido por Chevallard, Bosch e Gascón (1998). O contrato representa o conjunto de expectativas e regras implícitas que determinam o que a Instituição espera do Sujeito e vice-versa. Em contexto avaliativo, uma ruptura de contrato didático ocorre quando o estudante recusa-se a engajar-se com o objeto, omitindo-se da tarefa ou abandonando-a antes de mobilizar qualquer técnica.

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve o percurso metodológico adotado para investigar as técnicas mobilizadas pelos estudantes durante a IMAFIS. A estrutura da pesquisa foi desenhada para articular a coleta das respostas dos estudantes com um referencial teórico capaz de interpretar os erros e acertos observados.

A seguir, detalham-se a natureza da investigação, o contexto em que foi realizada, os instrumentos utilizados e os procedimentos específicos de análise de dados, fundamentados na TAD e na Análise de Conteúdo (AC).

3.1 Caracterização da Pesquisa

Esse trabalho configura-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com caráter descritivo e exploratório. A escolha por esta abordagem justifica-se pela necessidade de compreender fenômenos complexos que ocorrem na relação entre o sujeito (discente) e o objeto de conhecimento (Física). Nesse ínterim, a simples quantificação de acertos e erros mostra-se insuficiente para revelar as lógicas de raciocínio subjacentes.

Embora o estudo utilize dados de natureza quantitativa — como índices de dificuldade, frequência de respostas e análise estatística de distratores — estes não constituem o fim último da análise, mas sim instrumentos auxiliares de descrição. Conforme apontam Oliveira *et al.* (2003), a pesquisa em educação contemporânea exige a superação de uma dicotomia rígida entre quantidade e qualidade:

A crise da certeza, frente à complexidade inerente aos dados, contribuiu para emergir uma proposta para o enfrentamento das incertezas. Esta crise das ciências exigiu uma nova maneira de interpretar os objetos investigados, e no plano metodológico-epistemológico se exigiu deixar de lado a dicotomia quantidade/qualidade. (Oliveira *et al.*, 2003, p. 15).

Neste sentido, os dados estatísticos operam nesta pesquisa como sintomas que sinalizam em quais pontos residem as patologias - neste caso, a dificuldade com a utilização das técnicas típicas da instituição / escola de Ensino Médio. A partir dessa triagem numérica, aplica-se a análise qualitativa para investigar a natureza dessas dificuldades. O universo de dados, delimitado aos participantes da competição, não visa a generalização estatística para a população de estudantes brasileiros, mas sim a compreensão densa e contextualizada da realidade deste grupo específico.

A pesquisa alinha-se, portanto, ao que Oliveira *et al.* (2003) descrevem como uma abordagem que valoriza a dinâmica das relações, interpretando os dados sob perspectivas de

conveniência e teóricas, transcendendo a mera enumeração para focar na compreensão do fenômeno didático.

3.2 O Contexto da Pesquisa: A I Maratona de Física da UFU

O cenário de investigação desta pesquisa foi a I Maratona de Física da Universidade Federal de Uberlândia, realizada no dia 05 de setembro de 2025, nas dependências do Campus Santa Mônica. O evento foi organizado por uma equipe do INFIS da UFU, configurando-se como um projeto de extensão universitária de amplo alcance regional.

A competição reuniu 41 equipes, totalizando 123 estudantes do Ensino Médio, divididos em duas modalidades competitivas: escolas particulares (19 equipes) e escolas públicas (22 equipes). A adesão regional foi expressiva, atraindo participantes não apenas de Uberlândia, mas de municípios vizinhos como Araguari, Ituiutaba e Monte Carmelo — sendo desta última cidade, inclusive, a equipe ouro da modalidade pública.

Sob a ótica institucional, a Maratona estabeleceu um contrato didático específico, distinto das avaliações escolares tradicionais, regido por regras que visavam tanto a equidade quanto a inclusão. Destaca-se, neste ponto, a obrigatoriedade de que cada equipe mista fosse composta por, no mínimo, uma estudante do sexo feminino, uma política afirmativa para incentivar a participação de meninas e mulheres nas ciências exatas.

A estrutura da competição foi desenhada para testar diferentes competências praxeológicas (teóricas, analíticas e experimentais) em um sistema de fases eliminatórias progressivas:

- a) **1ª Fase (Objetiva):** Consistiu em uma prova de 12 questões de múltipla escolha abordando diversos tópicos da Física, com duração de 1 hora. Classificaram-se para a fase seguinte as 12 melhores equipes de cada modalidade.
- b) **2ª Fase (Discursiva):** As equipes classificadas enfrentaram um problema aberto sobre a Ponte de Wheatstone, exigindo a construção de gráficos e análise de dados, com duração de 30 minutos. Avançaram as 6 melhores de cada categoria.
- c) **3ª Fase (Discursiva):** Nesta etapa, o desafio envolveu a análise da vazão de dois reservatórios, novamente demandando competências de modelagem gráfica e interpretação física em 30 minutos. Apenas as 3 melhores equipes de cada modalidade prosseguiram.
- d) **Fase Final (Experimental):** As equipes finalistas realizaram um experimento prático para determinar a intensidade do campo magnético terrestre. Para tal, dispunham de um kit experimental contendo goniômetro, régua, bússola, um ímã previamente calibrado e sua respectiva curva de calibração. Esta etapa definiu as medalhas de ouro, prata e bronze.

É importante ressaltar o caráter de Extensão Universitária deste evento. Ao deslocar os estudantes de seu ambiente escolar habitual para a universidade e propiciar o contato com problemas reais e experimentais, a Maratona cumpre o papel social de aproximar a academia da educação básica. Segundo PROEXC (2017):

A Extensão na Educação Superior Brasileira é a atividade que se integra à matriz curricular e à organização da pesquisa, constituindo-se em processo interdisciplinar, político educacional, cultural, científico, tecnológico, que promove a interação transformadora entre as instituições de ensino superior e os outros setores da sociedade, por meio da produção e da aplicação do conhecimento, em articulação permanente com o ensino e a pesquisa. (PROEXC, 2017)

O *corpus* desta pesquisa abrange a totalidade das produções desenvolvidas pelos estudantes ao longo de todas as etapas da Maratona. Essa escolha metodológica permite uma melhor análise das praxeologias mobilizadas, integrando a avaliação de dificuldades conceituais com a investigação de competências analíticas, de modelagem gráfica e de procedimentos experimentais. Desta forma, o estudo não se limita a verificar o acerto ou erro pontual, mas busca mapear a consistência do saber-fazer dos estudantes em diferentes contextos de tarefa.

3.3 Instrumentos e Procedimentos de Análise

A definição dos procedimentos de análise nesta pesquisa fundamenta-se na TAD de que toda atividade humana pode ser modelada em termos de praxeologias. Assim, os instrumentos não foram tomados apenas como meios de coleta, mas como objetos estruturantes das relações que se estabelecem entre o sujeito e o saber.

A metodologia de análise, como supracitado, estrutura-se no confronto entre duas dimensões: a Relação Institucional ($R_I(O)$), materializada nas questões propostas (Instrumentos Geradores), e a Relação Pessoal ($R_P(O)$), manifestada nas respostas dos estudantes (Instrumentos de Registro).

3.3.1 A Análise dos Instrumentos Geradores: O Modelo Praxeológico de Referência

O primeiro nível de análise recaiu sobre as tarefas propostas na Maratona. Cada questão foi dissecada para explicitar sua organização interna. Segundo Almouloud (2015), a aplicação da TAD como ferramenta metodológica exige a identificação precisa dos componentes que constituem o saber-fazer e o saber-sábio.

Para a construção do MPR de cada questão, adotou-se o protocolo descrito por Almouloud:

A implementação do modelo metodológico permitiu identificar os tipos de tarefas, as técnicas que permitem cumpri-las e as tecnologias que justificam essas técnicas. Estes três aspectos foram construídos a partir dos comentários dos autores de livros didáticos, do livro do professor ou da análise matemática de situações propostas. (Almouloud, 2015, p. 9).

Seguindo esta diretriz, para cada uma das 12 questões objetivas e para os problemas discursivos, buscou-se explicitar as relações inerentes aos objetos de saber, definindo:

1. **A Tarefa (T):** O objeto ostensivo que instiga a ação (o enunciado, o gráfico, o comando).
2. **A Técnica (τ):** O gesto, algoritmo ou procedimento esperado pela instituição para resolver T .
3. **O Bloco Tecnológico-Teórico (θ/Θ):** O discurso racional que justifica a técnica.

3.3.2 A Análise dos Instrumentos de Registro

O segundo momento analítico voltou-se para o corpus documental produzido pelas equipes, como os gabaritos e folhas de resposta. O objetivo foi mapear a Relação Pessoal ($R_p(O)$) que os estudantes estabeleceram com os objetos físicos.

Nesta etapa, a análise não se limitou à verificação binária de acerto ou erro, mas investigou a natureza da relação estabelecida:

1. **Conformidade Praxeológica:** Quando a técnica pessoal do aluno (τ_p) coincide ou é equivalente à técnica institucional esperada (τ_I).
2. **Ruptura ou Inadequação:** Quando o estudante mobiliza uma técnica ineficaz ou baseada em uma tecnologia (θ) alternativa.

Nas questões objetivas, os distratores funcionaram como indicadores da qualidade dessa relação. A escolha massiva por uma alternativa incorreta foi interpretada como um indício de que a relação pessoal da maioria dos sujeitos com determinado objeto é conflituosa ou inexistente, revelando um distanciamento entre o saber ensinado e o saber aprendido.

Já nas fases discursivas e experimental, a análise das folhas de resposta permitiu observar a manipulação dos objetos ostensivos e como estes foram utilizados para evocar os objetos não-ostensivos.

3.4 Procedimentos de Tratamento dos Dados: A Análise de Conteúdo

Para a interpretação do corpus documental, adotou-se a Análise de Conteúdo (AC) proposta por Laurence Bardin (2011). Segundo Oliveira *et al.* (2003), esta metodologia não se restringe a uma leitura superficial, mas constitui um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção destas mensagens.

No contexto desta pesquisa, as “mensagens” são as resoluções (certas ou erradas) dos estudantes, e as “condições de produção” referem-se às praxeologias (Técnicas e Tecnologias) mobilizadas por eles sob a pressão do contrato didático da competição.

Seguindo o roteiro descrito por Bardin (2011), a análise foi estruturada em três polos cronológicos:

3.4.1 1ª Fase: A Pré-Análise

Esta fase corresponde ao período de intuições e organização do material. Conforme Valle e Ferreira (2025), é o momento de tornar os dados operacionais. Os procedimentos realizados foram:

- a) **Leitura Flutuante:** O contato inicial com os documentos para apreender as impressões gerais sobre o desempenho das equipes.
- b) **Constituição do Corpus:** A seleção rigorosa dos documentos a serem analisados, garantindo a regra da exaustividade (todos os documentos selecionados foram analisados) e da representatividade (abrangendo equipes de escolas públicas e privadas).
- c) **Preparação do Material:** A digitalização das folhas de resposta e a tabulação dos dados estatísticos da primeira fase em planilhas, permitindo a visualização dos índices de dificuldade e distratores.

3.4.2 2ª Fase: Exploração do Material e Categorização

Esta é a fase de codificação, onde os dados brutos são transformados em unidades de sentido. A peculiaridade desta pesquisa reside no fato de que o sistema de categorização não emergiu apenas empiricamente dos dados, mas foi definido *a priori* com base na TAD.

Conforme Oliveira *et al.* (2003, p. 15), a categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação, seguida de um reagrupamento baseado em critérios previamente definidos.

Assim, as Unidades de Registro (UR) — que nesta pesquisa são os distratores marcados e os trechos de resolução escrita — foram classificadas nas seguintes categorias analíticas:

1. **Categoria T (Tarefa):** Identificação se o estudante compreendeu o comando da questão.
2. **Categoria τ (Técnica):** Agrupamento dos erros relacionados à execução procedimental (ex: erros algébricos, leitura equivocada de gráficos, vetores mal desenhados).
3. **Categoria θ/Θ (Tecnologia/Teoria):** Agrupamento dos erros que denotam concepções alternativas ou falhas conceituais profundas (ex: concepção de que corrente elétrica em indução é constante, ou que maior função trabalho gera maior energia cinética).

3.4.3 3ª Fase: Tratamento dos Resultados e Inferência

A última etapa consiste em tornar os dados falantes e significativos. Segundo Bardin (apud Valle e Ferreira, 2025), é aqui que o pesquisador propõe inferências e adianta interpretações.

Nesta pesquisa, a inferência realizou-se através do cruzamento entre a frequência estatística e a categoria praxeológica. Por exemplo, ao constatar que 41,5% das equipes escolheram o distrator B na Questão 10, inferiu-se — com base na categoria θ/Θ — que a dificuldade não era apenas erro algébrico, mas uma concepção teórica equivocada (confusão com a força magnética).

Dessa forma, a AC serviu como o método operacional que permitiu aplicar as lentes teóricas da TAD sobre os dados empíricos da Maratona.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Primeira Fase: Prova Objetiva

A primeira fase da IMAFIS consistiu na aplicação de uma prova de múltipla escolha contendo 12 questões. Este instrumento avaliativo abrangeu as principais áreas da Física escolar — Mecânica, Termodinâmica, Ondulatória, Eletromagnetismo e Física Moderna — e contou com a participação integral das 41 equipes inscritas na competição.

Nesta seção, apresentam-se os resultados e as discussões referentes ao desempenho dos estudantes nesta etapa. Para garantir uma exposição sistemática e coesa, cada questão é abordada individualmente nas subseções a seguir, seguindo uma estrutura padrão de análise:

Primeiramente, apresenta-se o problema proposto e o respectivo MPR, detalhando a tarefa exigida e a técnica correta para solucioná-la. Em seguida, o desempenho global das equipes é exposto por meio de gráficos de distribuição de respostas.

Por fim, realiza-se o diagnóstico empírico dos resultados. As alternativas incorretas (distratores) que apresentaram maior índice de escolha são analisadas qualitativamente para identificar a natureza das dificuldades enfrentadas pelos estudantes — sejam elas equívocos algébricos, falhas de interpretação gráfica ou concepções conceituais alternativas. Essa avaliação individual construirá a base para a síntese dos padrões gerais de erro, discutida ao encerramento desta seção.

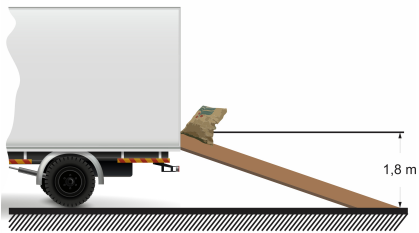
4.1.1 Análise da Questão 1: Mecânica e Conservação de Energia

A primeira questão da prova contextualiza o princípio da conservação de energia no transporte de sacas de café em uma rampa, um cenário típico da região. A tarefa (T) proposta exige que o estudante determine a velocidade final de um corpo (a saca de café) ao deslizar, sem atrito, a partir do repouso, de uma altura conhecida ($h = 1,8 \text{ m}$). O problema fornece a massa do corpo ($m = 60 \text{ kg}$) e a aceleração da gravidade ($g = 10 \text{ m/s}^2$).

Quadro 3 – Questão 1 da Prova Objetiva

Questão 1) Em um armazém de uma cooperativa de café na região de Monte Carmelo, um trabalhador descarrega sacas de café de 60 kg. Ele utiliza uma rampa de madeira lisa, que podemos considerar de atrito desprezível, para deslizar as sacas de uma plataforma elevada até o chão.

A saca de café é solta a partir do repouso no topo da rampa, a uma altura vertical de 1,8 m em relação ao solo. Considerando a aceleração da gravidade como $g = 10 \text{ m/s}^2$ e que há conservação da energia mecânica do sistema, qual é a velocidade da saca de café ao chegar ao final da rampa?



☐ A 4,2 m/s

☐ B 18,0 m/s

☐ C 6,0 m/s

☐ D 36,0 m/s

☐ E 10,8 m/s

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

A resolução dessa tarefa demanda a articulação de uma técnica (τ) clássica de conservação. O passo crucial, do ponto de vista praxeológico, é a simplificação da massa na equação de balanço energético ($mgh = \frac{1}{2}mv^2$). O estudante deve reconhecer que, na ausência de forças dissipativas e propulsoras externas, a velocidade de descida independe da inércia do corpo. Ao executar corretamente a álgebra, obtém-se $v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 1,8} = \sqrt{36} = 6,0 \text{ m/s}$, correspondendo à Alternativa C.

Quadro 4 – Organização Praxeológica - Questão 1

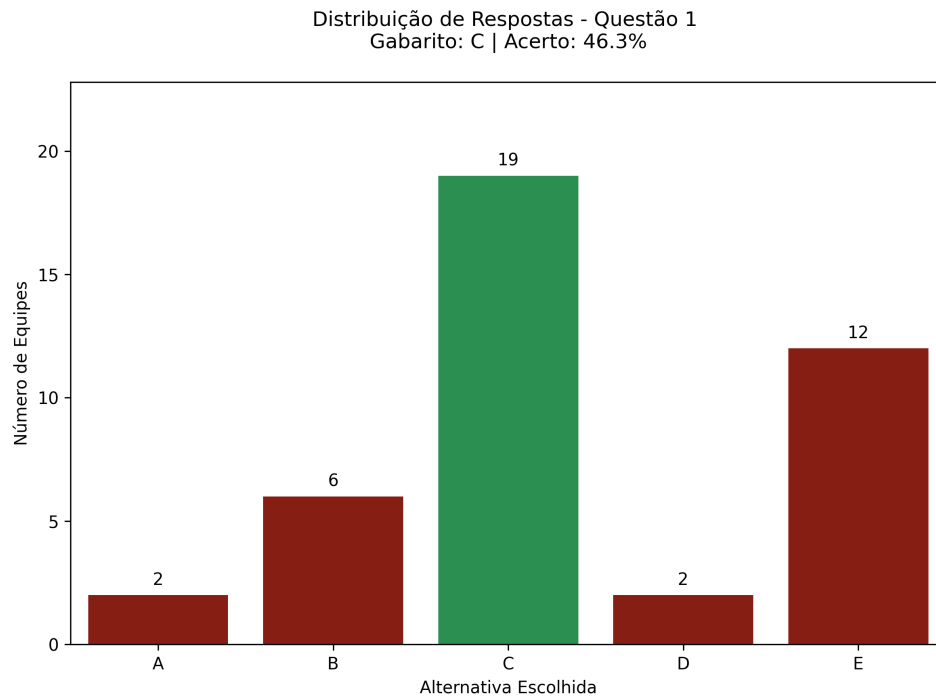
Tipo de Tarefa (T)	Determinar o módulo da velocidade final de um corpo que desce uma rampa lisa partindo do repouso, a partir de um desnível vertical conhecido.
Técnica (τ)	Modelar o sistema como conservativo; Igualar a Energia Potencial Gravitacional inicial à Energia Cinética final ($E_{pg} = E_c \Rightarrow mgh = mv^2/2$); Realizar a simplificação algébrica da massa (m), reconhecendo-a como termo comum; Isolar a velocidade ($v = \sqrt{2gh}$) e substituir os valores numéricos.
Tecnologia (θ)	Princípio da Conservação da Energia Mecânica e Princípio da Equivalência (independência da massa).
Teoria (Θ)	Mecânica Clássica (Trabalho e Energia).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise dos resultados estatísticos (Gráfico 1) revela que esta questão, embora introdutória, apresentou um nível de dificuldade moderado a alto, com apenas 46,3% de acertos (19 equipes). O fato de menos da metade dos participantes ter acertado um problema clássico

de conservação de energia sugere a presença de problemas de natureza teórico-tecnológicos relevantes já no início da prova.

Gráfico 1 – Gráfico de Resultados Questão 1 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

A distribuição dos erros fornece pistas claras sobre a natureza dessas incorreções. O distrator de maior adesão foi a Alternativa E (10,8 m/s), escolhido por 12 equipes (29,3% do total). A prevalência deste erro confirma a hipótese de falha na técnica de simplificação da massa. O valor 10,8 pode ser obtido aritmeticamente através da operação incorreta $\frac{m \cdot h}{g}$ ou similar, indicando que quase 30% dos estudantes sentiram a necessidade de utilizar o dado da massa (60 kg) no cálculo da velocidade, não compreendendo a independência da queda em relação à massa do objeto. Eles trataram a massa como uma variável ativa na cinemática, e não como um fator de escala que se cancela.

O segundo erro mais frequente foi a Alternativa B (18,0 m/s), com 6 escolhas (14,6%). Este valor corresponde exatamente ao produto $g \cdot h$ ($10 \cdot 1,8$). A escolha deste distrator sugere uma substituição da energia cinética pelo momento linear na fórmula ($mgh = mv$), onde apesar de considerar a independência da massa, ainda falha em selecionar a tecnologia adequada.

4.1.2 Análise da Questão 2: Potência Elétrica e Dimensionamento

A segunda questão situa o estudante em um contexto prático e cotidiano: o uso de um gerador de emergência para alimentar dispositivos eletrônicos durante um apagão. Do ponto

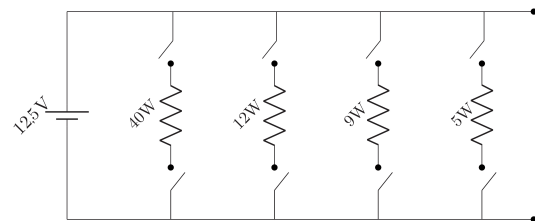
de vista da TAD, a Tarefa (T) proposta consiste em identificar, dentre um conjunto de opções, aquela que inviabiliza o funcionamento do sistema por ultrapassar a potência limite. O enunciado fornece os dados ostensivos do gerador — tensão $U = 12,5 \text{ V}$ e corrente máxima $i = 4 \text{ A}$ — e as potências nominais de quatro aparelhos distintos.

Abaixo, apresenta-se o item conforme aplicado na prova.

Quadro 5 – Questão 2 da Prova Objetiva

Questão 2) Gomes, um pesquisador em física na UFU, está no sítio de sua família trabalhando em seu notebook, quando uma tempestade causa um apagão. Para salvar seu trabalho, ele recorre a um pequeno gerador de emergência. Seu conhecimento como físico o leva a não apenas usar o aparelho, mas a analisar seus limites: o manual indica uma saída de corrente contínua de $12,5 \text{ V}$ com um disjuntor de segurança em 4 A .

Para continuar seu trabalho, ele precisa ligar seu notebook (40 W), um modem 4G para acesso remoto ao laboratório (12 W), uma luminária de LED (9 W) e um carregador (5 W). Qual dos seguintes conjuntos de aparelhos ele não pode ligar simultaneamente para que o disjuntor não desligue o gerador?



- ☐ A Notebook e Carregador
- ☐ B Modem 4G, Luminária de LED e Carregador
- ☐ C Luminária de LED e Notebook
- ☐ D Modem 4G e Luminária de LED
- ☐ E Notebook e Modem 4G

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

A técnica (τ) requerida para a resolução é de natureza aritmética e comparativa. Inicialmente, o estudante deve mobilizar a definição de Potência Elétrica ($P = U \cdot i$) como justificativa tecnológica (θ) para determinar a potência total disponível no gerador: $P_{max} = 12,5 \cdot 4 = 50 \text{ W}$. A partir deste valor de referência, a técnica desdobra-se na soma das potências dos aparelhos listados em cada alternativa e na comparação com o limite estabelecido. A alternativa correta (E) apresenta a soma do Notebook (40 W) e do Modem (12 W), totalizando 52 W , o que excede a capacidade do gerador e responde ao comando negativo da questão - o que ele não pode ligar.

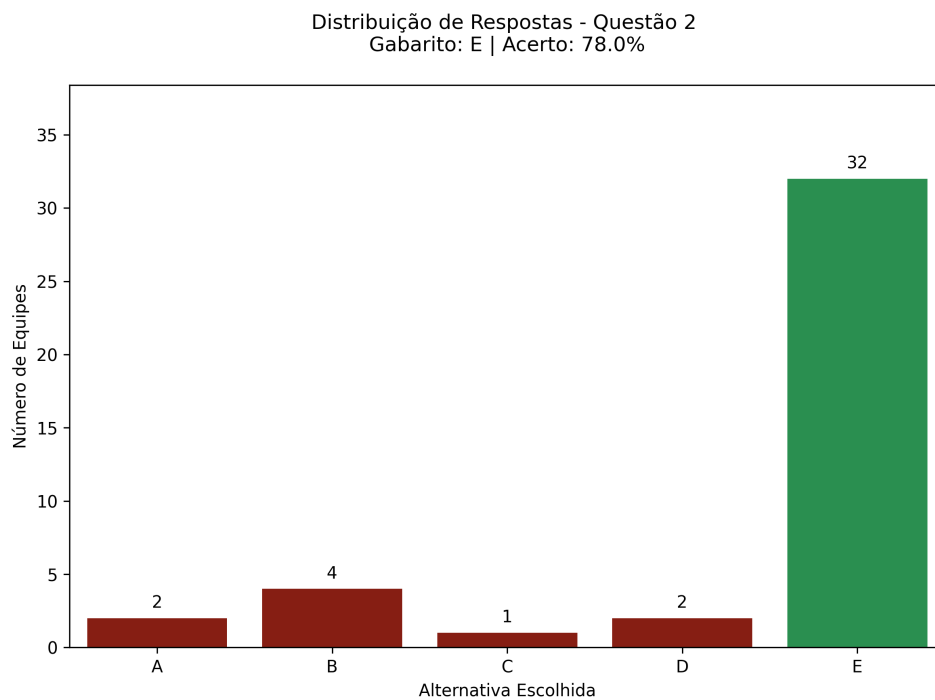
Quadro 6 – Organização Praxeológica - Questão 2

Tipo de Tarefa (T)	Verificar combinações de dispositivos que ultrapassam a potência limite de um gerador.
Técnica (τ)	Calcular $P_{max} = U \cdot i$, somar as potências de cada alternativa (ΣP) e comparar se $\Sigma P > P_{max}$.
Tecnologia (θ)	Definição de Potência Elétrica e Aditividade de potências em paralelo.
Teoria (Θ)	Eletrodinâmica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise do desempenho das equipes revela que esta foi uma das questões com maior índice de facilidade da prova. Conforme demonstra o Gráfico 2, a taxa de acerto foi expressiva, alcançando 78,0% (32 equipes).

Gráfico 2 – Gráfico de Resultados Questão 2 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

O alto desempenho sugere que a praxeologia envolvida — baseada em operações aditivas simples e no conceito de potência, amplamente difundido socialmente — estava bem estabelecida entre os participantes. Contudo, a análise dos distratores permite inferir a natureza dos erros cometidos pelas 9 equipes que não obtiveram êxito.

O erro mais frequente, correspondente à Alternativa B (escolhida por 4 equipes), revela um possível equívoco ligado à intuição de quantidade. Esta alternativa é a única que combina três aparelhos, enquanto as demais combinam apenas dois. Embora a soma das potências seja baixa

(26 W), o estudante guiado por uma física espontânea pode ter assumido que maior quantidade de aparelhos implica maior consumo, ignorando a verificação aritmética dos valores nominais.

Os demais erros (Alternativas A, C e D) somam 5 escolhas e apontam para uma falha na interpretação do contrato didático e do comando da questão. Em todas essas alternativas, a soma das potências resulta em valores inferiores a 50 W. Ao assinalar uma dessas opções, o estudante identificou uma configuração viável e a marcou, respondendo ao oposto do que foi solicitado (o que pode ligar em vez de o que não pode), evidenciando que, mesmo diante de domínio técnico, a desatenção ao enunciado constitui um fator de erro relevante em situações de avaliação.

4.1.3 Análise da Questão 3: Ondulatória e Espectro Eletromagnético

A terceira questão aborda a natureza ondulatória da luz e a relação fundamental entre velocidade, frequência e comprimento de onda. O enunciado contextualiza o problema em uma situação de sala de aula, onde um laser de luz verde é utilizado como objeto ostensivo para discutir a dualidade onda-partícula. A tarefa (*T*) proposta consiste em calcular o comprimento de onda (λ) da radiação emitida, a partir dos dados fornecidos: frequência $f = 5,0 \times 10^{14}$ Hz e velocidade da luz $c = 3 \times 10^5$ km/s.

Quadro 7 – Questão 3 da Prova Objetiva

Questão 3) Em uma de suas aulas na Universidade Federal de Uberlândia, uma professora busca explicar o conceito da dualidade onda-partícula. Ela explica que um dos pilares da quântica é que a luz, que imaginamos como uma onda contínua, na verdade se comporta como um fluxo de 'pacotes' de energia discretos, os fótons. "Mas para entender o fóton, primeiro precisamos entender a onda", diz ela apontando um laser de luz verde na parede e o usa como exemplo de uma onda eletromagnética. A professora informa que a luz emitida por ele tem uma frequência de $5,0 \times 10^{14}$ Hz.

Sabendo que a luz se propaga no ar com velocidade aproximadamente igual à da luz no vácuo, qual é o comprimento de onda λ dessa luz verde? (Dado: velocidade da luz no vácuo, $c = 3 \times 10^5$ km/s)

☐ A 600 nm

☐ B 300 nm

☐ C 1500 nm

☐ D 167 nm

☐ E 500 nm

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

Sob a ótica da TAD, a técnica (τ) de resolução exige, preliminarmente, a adequação das unidades de medida — convertendo a velocidade de km/s para m/s (3×10^8 m/s) — e a manipulação algébrica da equação fundamental da ondulatória para isolar a incógnita: $\lambda = c/f$. A execução correta deste algoritmo resulta em $\lambda = 0,6 \times 10^{-6}$ m ou 600 nm, correspondente à alternativa A.

Quadro 8 – Organização Praxeológica - Questão 3

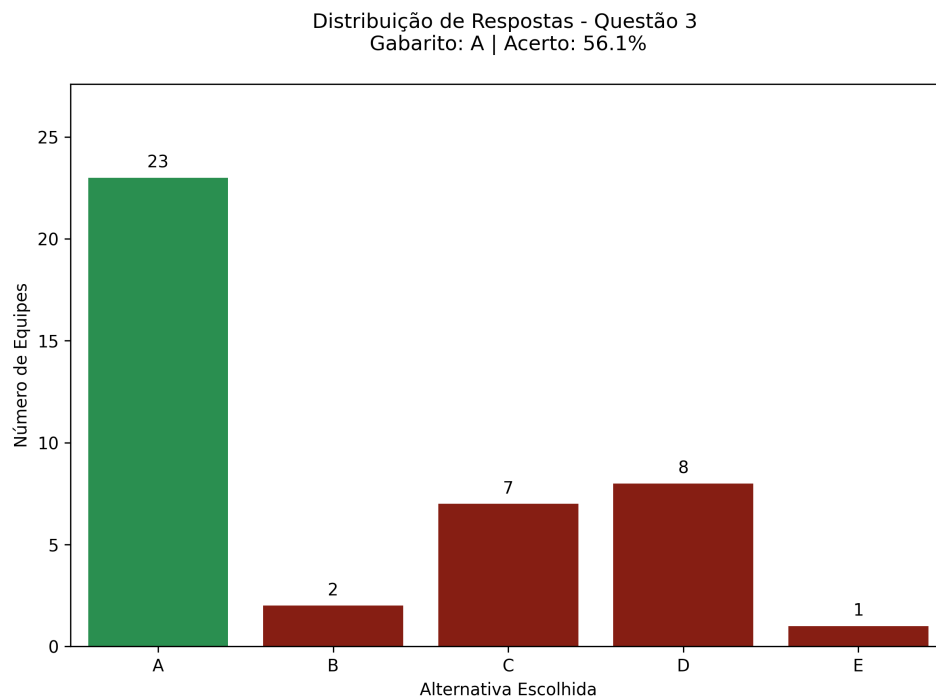
Tipo de Tarefa (T)	Calcular o comprimento de onda a partir da frequência e velocidade.
Técnica (τ)	Converter unidades de velocidade e aplicar a relação fundamental isolando a variável ($\lambda = c/f$).
Tecnologia (θ)	Equação Fundamental da Ondulatória.
Teoria (Θ)	Eletromagnetismo / Ondulatória.

Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante destacar uma inconsistência física presente no habitat da questão: embora o enunciado descreva uma luz verde, o resultado matemático (600 nm) corresponde, no espectro visível, à cor laranja. O verde situa-se tipicamente na faixa de 500 – 550 nm. Essa discrepância cria, teoricamente, um conflito para o estudante com domínio profundo do espectro óptico: confiar na técnica de cálculo (que leva ao laranja) ou na teoria física (que levaria a um valor próximo de 500 nm)?

A análise dos resultados estatísticos, contudo, indica que esse conflito não se manifestou significativamente. O desempenho geral foi mediano, com 56,1% de acerto (23 equipes), confirmando a pertinência da questão para o nível médio.

Gráfico 3 – Gráfico de Resultados Questão 3 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

Ao confrontar a análise praxeológica com os erros cometidos, observa-se que a principal dificuldade enfrentada pelas equipes não foi de ordem física (conceitual) ou de conversão de

unidades, mas sim de competência algébrica básica.

O erro mais frequente, representado pela Alternativa D (8 escolhas), corresponde ao valor de 167 nm. Este resultado decorre de uma inversão na operação de divisão, onde o estudante calcula $\lambda = f/c$ ($5/3 \approx 1,66$), ignorando a estrutura da fórmula física. Somado a isso, a Alternativa C (7 escolhas), que apresenta o valor de 1500 nm, advém de um erro de multiplicação das grandezas ($\lambda = c \cdot f$), transformando uma relação de proporcionalidade inversa em direta.

Juntos, esses dois distratores algébricos somam 15 equipes (36,5% do total), evidenciando que, embora os estudantes identificassem a tecnologia correta, falharam na execução da técnica matemática de isolamento da variável.

Por fim, a Alternativa E (500 nm), que seria a única fisicamente coerente com a cor verde descrita no texto, foi assinalada por apenas uma equipe. A baixa adesão a esta alternativa sugere uma forte submissão ao contrato didático do cálculo: os estudantes priorizaram o resultado numérico obtido pela aplicação da fórmula, mesmo que este contradissesse a realidade fenomenológica da cor apresentada.

4.1.4 Análise da Questão 4: Segunda Lei de Newton e Cinemática

A quarta questão aborda os fundamentos da Dinâmica, especificamente a Segunda Lei de Newton, em um contexto de aplicação de força constante sobre um veículo. A tarefa (T) exige que o estudante determine a magnitude da força resultante aplicada a um carro de massa $m = 800$ kg, que parte do repouso e atinge a velocidade de $v = 2$ m/s após um intervalo de tempo de $t = 4$ s.

Quadro 9 – Questão 4 da Prova Objetiva

Questão 4) Um carro de massa igual a 800 kg ficou sem combustível em uma rua plana de Araguari. Para ajudar o condutor a chegar a um local seguro, duas pessoas começam a empurrar o carro a partir do repouso, aplicando uma força horizontal resultante constante sobre o veículo. Se o carro atinge a velocidade de 2 m/s após ser empurrado por 4 s, qual foi a magnitude da força resultante aplicada, desconsiderando todas as formas de atrito?

☐ A 200 N

☐ B 400 N

☐ C 800 N

☐ D 1600 N

☐ E 3200 N

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

A resolução dessa tarefa demanda a articulação de duas praxeologias distintas: uma cinemática e uma dinâmica. A técnica (τ) consiste, primeiramente, em determinar a aceleração média do sistema ($a = \Delta v / \Delta t$), resultando em $a = 0,5$ m/s². Em seguida, mobiliza-se o Princípio

Fundamental da Dinâmica ($F = m \cdot a$) como tecnologia justificadora (θ) para o cálculo da força: $F = 800 \cdot 0,5 = 400 \text{ N}$. A alternativa correta é a B.

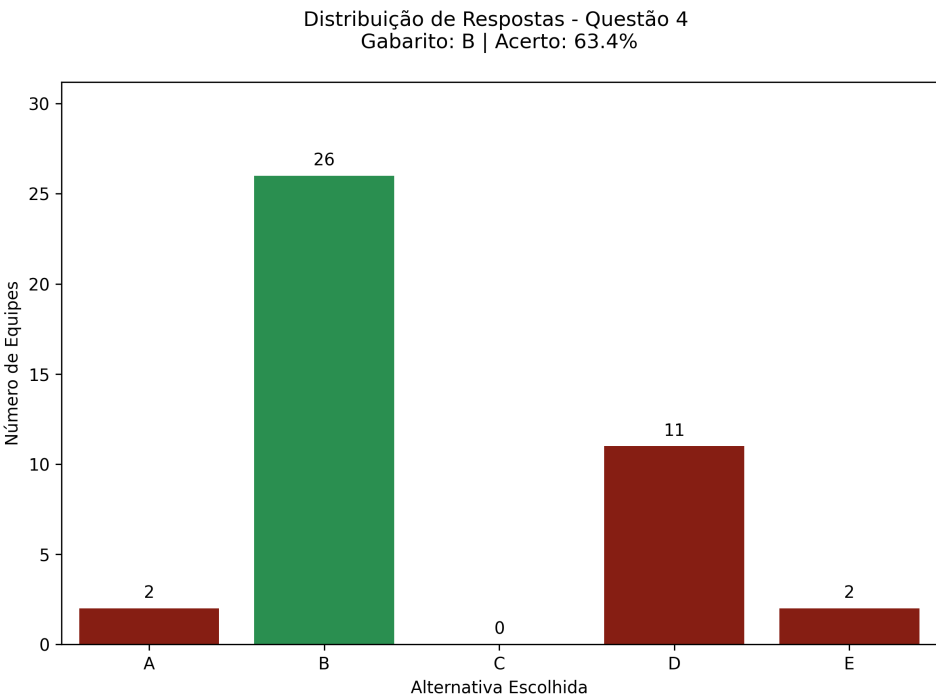
Quadro 10 – Organização Praxeológica - Questão 4

Tipo de Tarefa (T)	Determinar a força resultante para acelerar um corpo a uma velocidade alvo.
Técnica (τ)	Calcular a aceleração média ($a = \Delta v / \Delta t$) e aplicar o Princípio Fundamental ($F = m \cdot a$).
Tecnologia (θ)	Segunda Lei de Newton e Definição de Aceleração.
Teoria (Θ)	Mecânica Clássica (Dinâmica).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar os resultados estatísticos (Gráfico 4), observa-se que a questão obteve um índice de acerto satisfatório de 63,4% (26 equipes), indicando que a Lei de Newton é um saber bem estabelecido no nicho da competição. No entanto, a análise dos erros revela uma incorreção cognitiva específica e persistente.

Gráfico 4 – Gráfico de Resultados Questão 4 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

O distrator de maior relevância estatística foi a Alternativa D (1600 N), assinalada por 11 equipes (aproximadamente 27% do total). A escolha deste valor denota uma falha crítica na distinção entre as grandezas cinemáticas. O estudante que marca esta opção aplica a fórmula da

força utilizando o valor da velocidade (2 m/s) no lugar da aceleração ($F = m \cdot v$), realizando o cálculo $800 \cdot 2 = 1600$.

Sob a ótica da TAD, esse erro sugere que, embora a equação da dinâmica ($F = ma$) seja memorizada como objeto ostensivo, o conceito não ostensivo de aceleração (como taxa de variação da velocidade) não foi mobilizado corretamente. O estudante opera diretamente com o dado de velocidade fornecido no enunciado, possivelmente confundindo o conceito de Força com o de Quantidade de Movimento ($p = mv$), ou simplesmente ignorando a etapa intermediária do cálculo cinemático.

Os demais distratores tiveram adesão residual (2 equipes cada), representando erros operacionais ou de fórmulas desconexas: a Alternativa A (200 N) sugere uma divisão da massa pelo tempo (m/t), desprovida de sentido físico, e a Alternativa E (3200 N) indica o uso incorreto de uma relação quadrática com a velocidade ($F = m \cdot v^2$), possivelmente uma confusão com fórmulas de energia cinética ou força centrípeta.

4.1.5 Análise da Questão 5: Cinemática Vetorial e Lançamento Oblíquo

A quinta questão utiliza uma tirinha humorística como suporte ostensivo para contextualizar a física do lançamento oblíquo. O enredo aborda a necessidade de ajustar o ângulo de lançamento para compensar a ação da gravidade e atingir um alvo situado no mesmo nível horizontal. A tarefa (T) proposta consiste em identificar a representação gráfica correta da trajetória da flecha e dos vetores envolvidos no instante do lançamento, especificamente as componentes da aceleração inicial e a aceleração da gravidade.

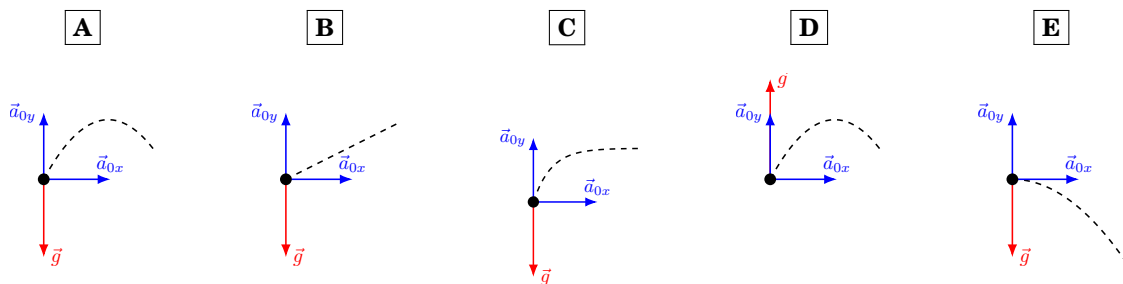
Quadro 11 – Questão 5 da Prova Objetiva

Questão 5) Na tirinha a seguir, um arqueiro tenta acertar uma maçã colocada sobre a cabeça de uma pessoa amarrada a uma árvore. Inicialmente, ele aponta diretamente para o alvo, mas é alertado por uma menina de que deve mirar mais para cima para compensar a gravidade.



(Francisco Caruso & Luisa Daou, *Tirinhas de Física*, vol. 2, CBPF, Rio de Janeiro, 2000.)

Na situação representada, a flecha é lançada com uma determinada aceleração inicial e está no mesmo nível que a maçã, atingindo com velocidade negativa. Com base nisso, analise as alternativas a seguir e assinale a que representa corretamente a trajetória da flecha e os vetores de aceleração envolvidos no movimento da flecha, considerando suas componentes horizontal ($\vec{a}_{0x}$), vertical ($\vec{a}_{0y}$) e a aceleração da gravidade ($\vec{g}$)



Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

Sob a ótica da análise praxeológica, é importante notar uma sutileza no contrato didático: rigorosamente, após o desprendimento da corda, a única aceleração atuante em um projétil (desprezando a resistência do ar) é a gravidade. A presença de vetores de aceleração horizontal e vertical no diagrama da alternativa correta (A) implica que a representação se refere ao instante do impulso. Independentemente dessa nuance terminológica, a técnica (τ) de resolução exigia a validação de três aspectos visuais fundamentais: a direção da gravidade (sempre vertical para baixo), a forma da trajetória (parabólica com concavidade para baixo) e a inclinação do lançamento (oblíqua para cima), necessária para cumprir a instrução da tirinha.

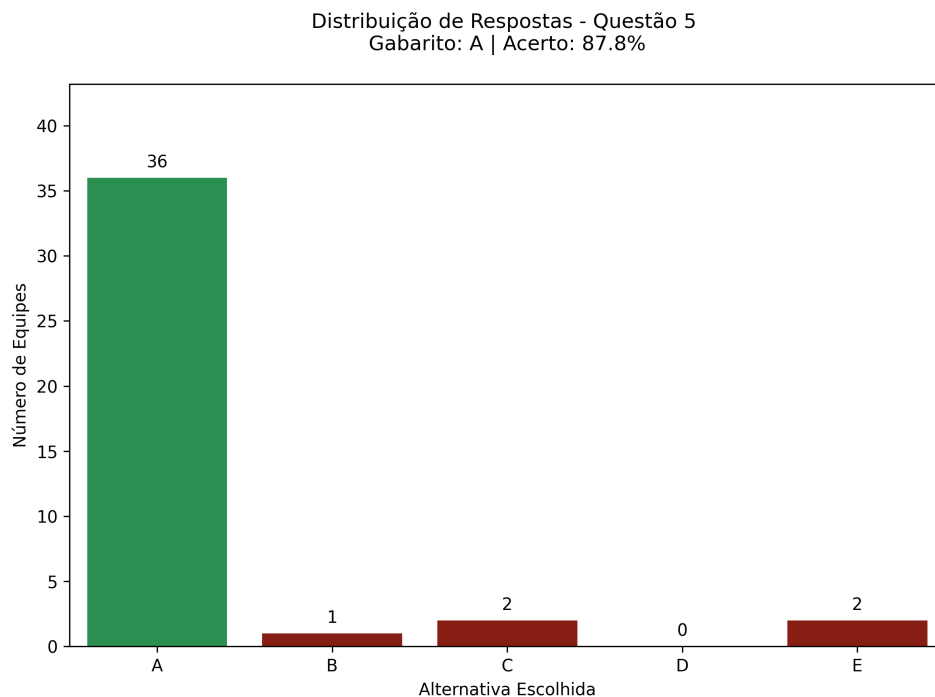
Quadro 12 – Organização Praxeológica - Questão 5

Tipo de Tarefa (T)	Identificar vetores de aceleração e trajetória em lançamento oblíquo.
Técnica (τ)	Análise visual: gravidade para baixo, trajetória parabólica e lançamento inclinado para cima.
Tecnologia (θ)	Decomposição vetorial e Cinemática.
Teoria (Θ)	Mecânica Clássica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar os resultados estatísticos (Gráfico 5), confirma-se que esta foi uma das questões com maior êxito na prova, alcançando 87,8% de acertos, o que corresponde a 36 equipes. O alto desempenho sugere que os estudantes superaram a visão intuitiva do movimento retilíneo e compreenderam a independência dos movimentos (horizontal e vertical), interpretando corretamente os vetores como indicadores da direção inicial necessária para o sucesso do lançamento.

Gráfico 5 – Gráfico de Resultados Questão 5 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

A análise dos distratores, embora pouco selecionados, revela diferentes concepções alternativas residuais. As Alternativas C e E foram assinaladas por 2 equipes cada (cerca de 4,9% do total) e representam erros na modelagem da trajetória. A escolha da Alternativa E, em particular, sugere uma trajetória com queda acentuada ou ângulo insuficiente, o que corresponderia ao erro prático de mirar diretamente no alvo sem realizar a compensação vertical

sugerida no texto de apoio. Já a Alternativa B, escolhida por apenas 1 equipe (2,4%), apresenta uma trajetória retilínea, remetendo a uma concepção errônea que o projétil segue em linha reta na direção do lançamento, ignorando a ação simultânea da gravidade. Por fim, a ausência total de escolhas na Alternativa D indica que o conceito vetorial da força peso, com a aceleração da gravidade apontando para baixo, está plenamente consolidado entre os participantes.

4.1.6 Análise da Questão 6: Eletrostática e Série Triboelétrica

A sexta questão aborda os fundamentos da Eletrostática, utilizando um fenômeno cotidiano — a aderência entre roupas de tecidos diferentes — para introduzir o conceito de Eletrização por Atrito. A tarefa (*T*) proposta aos estudantes exige que identifiquem a natureza da força de interação entre as peças e determinem os sinais das cargas elétricas finais, utilizando como suporte uma tabela da série triboelétrica fornecida no enunciado.

Quadro 13 – Questão 6 da Prova Objetiva

Questão 6) Durante o inverno seco de Uberlândia, ao retirar da secadora uma blusa de algodão e um blazer de poliéster, Marie nota que as duas peças estão fortemente grudadas uma na outra. A série triboelétrica indica que o poliéster ganha elétrons com mais facilidade que o algodão. Qual é a força fundamental responsável pela aderência e quais são os estados de carga do blazer (poliéster) e da blusa (algodão), respectivamente?

- ☐ A Força Magnética; elétrons em movimento do blazer para a blusa.
- ☐ B Força Eletrostática; blazer negativo e blusa positiva.
- ☐ C Força de Atrito Estático; ambas as peças continuam neutras.
- ☐ D Força Eletrostática; blazer positivo e blusa negativa.
- ☐ E Força Elástica; ambas as peças continuam neutras.

Materiais	
↑ +	pele humana seca
	couro
	pele de coelho
	vidro
	cabelo humano
	fibra sintética
	lã
	chumbo
	pele de gato
	acido
	alumínio
	papel
	algodão
	água
	madeira
↓ -	âmbar
	borracha dura
	níquel e cobre
	látex e grãos
	ouro e platina
	poliéster
	filme de PVC
	poliuretano
	poliuretano (da adesiva)
	polipropileno
	vinil (PVC)
	silicone
	teflon

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

A resolução dessa tarefa é facilitada pela presença de objetos ostensivos explícitos, transformando a técnica (τ) de memorização em uma técnica de interpretação documental. O estudante deve localizar os materiais na tabela e interpretar a seta indicativa de fluxo de elétrons para concluir que o poliéster, posicionado abaixo do algodão, tende a receber elétrons (tornando-se negativo), enquanto o algodão os cede (tornando-se positivo). Em seguida, mobiliza-se a tecnologia (θ) da interação eletrostática para reconhecer que cargas de sinais opostos sofrem atração. A alternativa correta é a B.

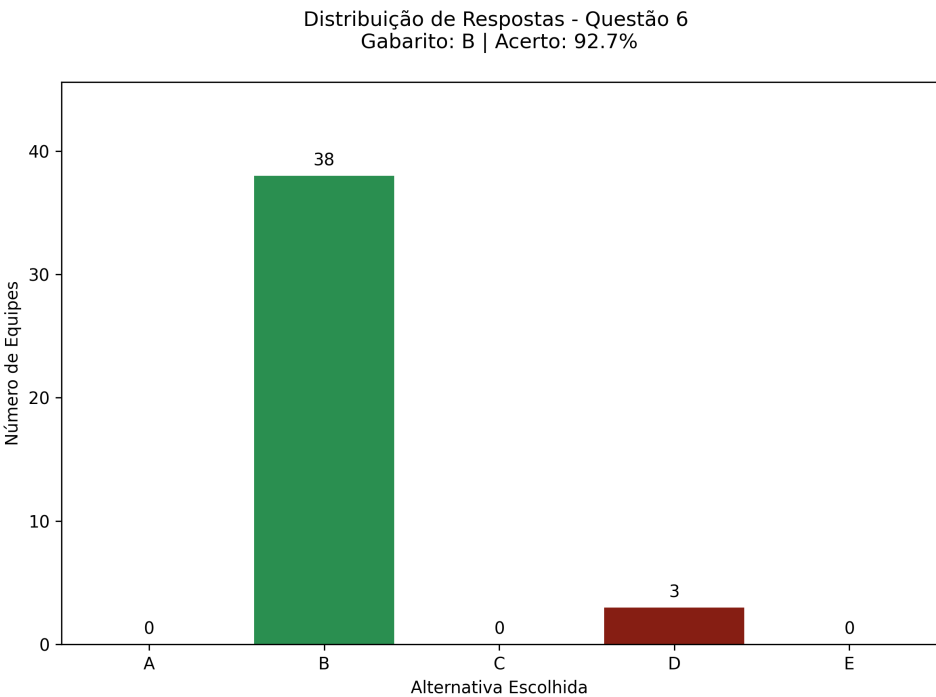
Quadro 14 – Organização Praxeológica - Questão 6

Tipo de Tarefa (<i>T</i>)	Identificar força e sinais de carga em eletrização por atrito.
Técnica (τ)	Leitura de tabela triboelétrica (fluxo de elétrons) e aplicação da regra de atração de opostos.
Tecnologia (θ)	Eletrização por Atrito e Lei de Coulomb (qualitativa).
Teoria (Θ)	Eletrostática.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar os resultados estatísticos (Gráfico 6), confirma-se que esta foi a questão com o maior índice de aproveitamento de toda a prova, alcançando um patamar de acerto de 92,7% (38 equipes). Esse sucesso massivo indica que o contrato didático foi cumprido e que a transposição do fenômeno macroscópico para o modelo microscópico de transferência de cargas foi bem assimilada pela quase totalidade dos participantes. O fato de nenhum grupo ter assinalado as alternativas A (Força Magnética), C (Atrito Estático) ou E (Força Elástica) demonstra que o conceito sobre a natureza elétrica da força estava plenamente consolidado, sem confusões com outras interações fundamentais ou mecânicas.

Gráfico 6 – Gráfico de Resultados Questão 6 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

O único distrator que apresentou adesão foi a Alternativa D, assinalada por 3 equipes (aproximadamente 7,3% do total). A escolha desta opção revela um erro específico na etapa final da técnica: a atribuição dos sinais das cargas. Embora os estudantes tenham identificado correta-

mente a natureza da força (Eletrostática) e os materiais envolvidos, falharam na interpretação da série triboelétrica, invertendo o sentido da transferência de carga (atribuindo carga positiva ao poliéster e negativa ao algodão). Esse tipo de erro sugere uma dificuldade pontual na leitura do objeto ostensivo ou uma concepção equivocada de que “ganhar” elétrons implicaria em somar, ignorando a carga elementar negativa do portador.

4.1.7 Análise da Questão 7: Termologia e Propagação de Calor

A sétima questão contextualiza os processos de propagação de calor no fenômeno das ilhas de calor urbanas, utilizando como referência imagens de satélite e a dinâmica atmosférica local. A tarefa (*T*) exige que o estudante identifique, sequencialmente, os dois mecanismos físicos descritos no enunciado: a emissão de energia captada por sensores infravermelhos e o deslocamento vertical de massas de ar aquecidas.

Quadro 15 – Questão 7 da Prova Objetiva

Questão 7) Um estudo realizado em Uberlândia (MG) com imagens dos satélites Landsat 5 e 8 identificou áreas urbanas com temperaturas de superfície de até 39 °C, principalmente em regiões com solo exposto, asfalto e construções. Essas áreas são chamadas de ilhas de calor, pois emitem mais radiação térmica, captada por sensores na faixa do infravermelho térmico.

Além da radiação emitida, o ar aquecido próximo ao solo se desloca para camadas mais altas da atmosfera, interferindo na circulação local e contribuindo para chuvas convectivas. Considerando o fenômeno, os dois principais mecanismos de transferência de calor envolvidos são:

☐ A Irradiação e convecção.

☐ B Irradiação e condução.

☐ C Irradiação e irradiação

☐ D Convecção e condução.

☐ E Condução e irradiação.

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

Sob a ótica praxeológica, a resolução depende da mobilização de definições conceituais específicas (tecnologias θ) a partir de gatilhos textuais. A técnica (τ) consiste em associar a menção à radiação térmica e infravermelho ao processo de Irradiação (propagação por ondas eletromagnéticas) e, subsequentemente, relacionar a descrição do ar aquecido que se desloca para camadas mais altas ao processo de Convecção (propagação por transporte de matéria devido à diferença de densidade). A alternativa correta, que respeita essa ordem, é a A.

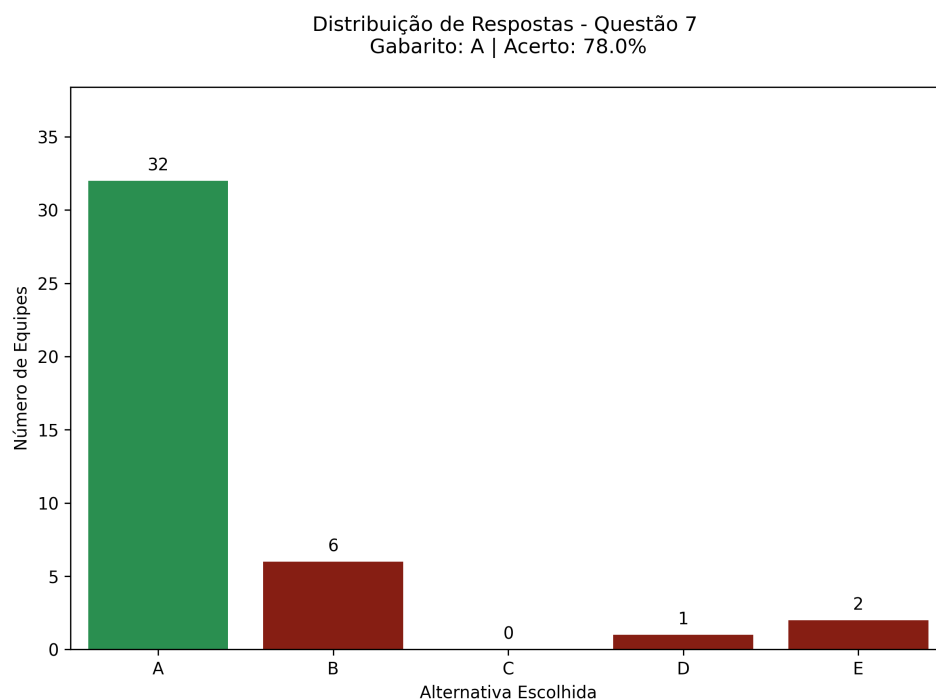
Quadro 16 – Organização Praxeológica - Questão 7

Tipo de Tarefa (T)	Identificar processos de propagação de calor em fenômenos ambientais.
Técnica (τ)	Associar radiação/infravermelho à Irradiação e deslocamento de ar à Convecção.
Tecnologia (θ)	Definições de Propagação de Calor.
Teoria (Θ)	Termodinâmica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise dos resultados estatísticos (Gráfico 7) revela um desempenho satisfatório, com 78,0% de acertos (32 equipes). Este índice sugere que a distinção entre os processos de calor é um saber bem consolidado, ou que os comandos textuais fornecidos no enunciado foram suficientes para ativar a praxeologia correta na maioria dos grupos.

Gráfico 7 – Gráfico de Resultados Questão 7 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

A análise dos erros, entretanto, aponta para um fenômeno interessante de atenção seletiva. O distrator de maior adesão foi a Alternativa B (Irradiação e Irradiação), escolhida por 6 equipes (14,6%). A repetição deste mecanismo sugere que esses estudantes fixaram sua atenção nos termos ostensivos fortes do início do texto (“radiação”, “infravermelho”), ignorando a segunda parte do enunciado que descrevia a mecânica dos fluidos. Esse tipo de erro denota uma leitura incompleta ou uma generalização onde todo o fenômeno térmico observado remotamente é classificado apenas como radiativo.

Os demais erros foram residuais. A Alternativa E (Condução e Condução), com 2 escolhas (4,9%), indica uma concepção alternativa onde o aquecimento é associado exclusivamente ao contato ou à materialidade sólida, ignorando tanto a natureza eletromagnética da detecção quanto a fluidez do movimento do ar. Já a Alternativa D, com apenas 1 escolha, representa um erro de ordenação, onde os fenômenos foram identificados corretamente, mas a sequência lógica da resposta foi invertida.

4.1.8 Análise da Questão 8: Efeito Fotoelétrico e Função Trabalho

A oitava questão introduz tópicos de Física Moderna, especificamente o Efeito Fotoelétrico, contextualizando-o em um experimento onde placas de diferentes metais (Sódio, Alumínio e Prata) são expostas a radiações infravermelha e ultravioleta. A tarefa (*T*) proposta consiste em julgar a veracidade de quatro afirmações que relacionam a energia dos fótons incidentes com a função trabalho (ϕ) de cada material, determinando a ocorrência da emissão de elétrons e comparando a energia cinética dos fotoelétrons emitidos.

Quadro 17 – Questão 8 da Prova Objetiva

Questão 8) Em 1905, o modelo de Einstein para a radiação foi corroborado por se aplicar ao efeito fotoelétrico, o qual acontece quando a luz é incidida na superfície de um metal, arrancando elétrons desta. A energia cinética máxima dos elétrons emitidos depende da energia da luz incidente, subtraída de uma energia que deve ser fornecida para extrair o elétron do material, denominada função trabalho (ϕ). Com base nesta teoria, um professor realizou um experimento do efeito fotoelétrico iluminando placas metálicas com radiação infravermelha ($E = 1,38$ eV) e radiação ultravioleta ($E = 4,13$ eV). As placas eram feitas de sódio, alumínio e prata, cujas funções-trabalho estão apresentadas na tabela a seguir:

Metal	Função trabalho ϕ (eV)
Sódio	2,28
Alumínio	4,08
Prata	4,73

Após o experimento, os alunos discutiram os seguintes pontos:

- I. A radiação infravermelha não provocou emissão de elétrons em nenhum dos metais.
- II. A radiação ultravioleta foi capaz de arrancar elétrons de apenas dois metais.
- III. A emissão de elétrons ocorre apenas quando a energia da radiação ultrapassa um certo valor característico de cada metal.
- IV. A maior energia cinética dos fotoelétrons será observada no metal cuja função trabalho for maior.

Com base nas informações e na tabela, quais afirmações estão corretas?

- ☐ A Apenas I, II e III
- ☐ B Apenas II e III
- ☐ C Apenas I, III e IV
- ☐ D I, II, III e IV
- ☐ E Nenhuma afirmação está correta.

Quadro 18 – Organização Praxeológica - Questão 8

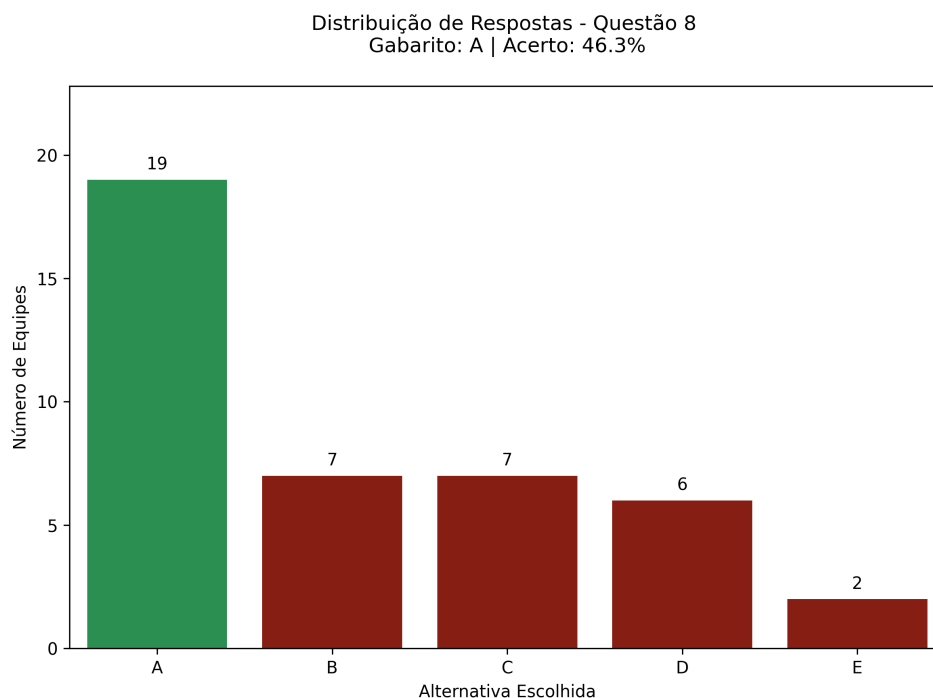
Tipo de Tarefa (T)	Verificar condições de emissão fotoelétrica e comparar energias cinéticas.
Técnica (τ)	Comparar $E_{foton} > \phi$ para cada metal; Relacionar $E_c = E_{foton} - \phi$ (reconhecendo que maior ϕ implica menor E_c).
Tecnologia (θ)	Equação de Einstein para o Efeito Fotoelétrico e Quantização da energia.
Teoria (Θ)	Física Quântica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A resolução exige a aplicação da condição de contorno quântica de que a emissão só ocorre se a energia do fóton incidente superar a função trabalho do metal. Analisando os dados fornecidos, constata-se que a radiação infravermelha (1,38 eV) é insuficiente para arrancar elétrons de qualquer um dos metais, validando a primeira afirmação. Já a radiação ultravioleta (4,13 eV) possui energia superior à função trabalho do Sódio (2,28 eV) e do Alumínio (4,08 eV), mas inferior à da Prata (4,73 eV), validando a segunda afirmação. O ponto crítico reside na quarta afirmação, que propõe uma relação de proporcionalidade direta entre função trabalho e energia cinética. Pela equação de Einstein ($E_c = hf - \phi$), essa relação é inversa: quanto maior o “custo” energético para extrair o elétron, menor será a energia cinética restante. Portanto, a quarta afirmação é falsa. A alternativa correta é a A.

A análise dos resultados estatísticos (Gráfico 8) revela um cenário de dificuldade acentuada, com um índice de acerto de 46,3% (19 equipes). Este resultado classifica a questão como uma das mais desafiadoras da fase objetiva, indicando que a transição da física clássica para a moderna impôs dificuldades significativas aos estudantes.

Gráfico 8 – Gráfico de Resultados Questão 8 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

A distribuição dos erros fornece um diagnóstico preciso das concepções alternativas enfrentadas, destacando-se um empate técnico entre os três principais distratores (Alternativas B, C e D), sendo as duas primeiras escolhidas por 7 equipes (17,1% cada) e a terceira por 6 equipes (14,6%). As escolhas pelas alternativas C e D têm em comum a aceitação da quarta afirmação como verdadeira. Somadas, indicam que cerca de 31,7% das equipes erraram a relação matemática da equação de Einstein, estabelecendo uma relação intuitiva de “quanto maior a função trabalho, maior a energia cinética”, ignorando o sinal negativo da equação de conservação de energia. Por outro lado, a escolha pela Alternativa B sugere a rejeição da primeira afirmação, o que implica na crença de que a radiação infravermelha causaria emissão de elétrons. Esse erro denota uma possível confusão entre o efeito fotoelétrico (dependente da frequência/energia do fóton) e o efeito termoiônico (dependente da intensidade/calor), ou um desconhecimento da baixa energia associada à faixa infravermelha do espectro.

4.1.9 Análise da Questão 9: Eletromagnetismo e Indução

A nona questão utiliza uma notícia sobre a atriz Fernanda Torres e o acionamento de um detector de metais para contextualizar o fenômeno da Indução Eletromagnética. A tarefa (*T*) proposta exige que o estudante analise as consequências físicas da passagem de um objeto metálico por um campo magnético variável, julgando a validade de quatro afirmações que abordam efeitos térmicos, a natureza da corrente induzida e a resposta magnética do material.

Quadro 19 – Questão 9 da Prova Objetiva

Questão 9) Na premiação do Globo de Ouro do ano de 2025, a atriz brasileira Fernanda Torres fez história, sendo a primeira brasileira a vencer o prêmio de melhor atriz por sua atuação no filme 'Ainda estou aqui'. Ao retornar ao Brasil, Fernanda relatou um episódio curioso: ao passar pelo detector de metais no aeroporto, o troféu acionou o alarme do sistema de segurança. Esse incidente pode ser explicado pela indução de correntes parasitas no objeto metálico ao atravessar o campo magnético variável do detector.

As correntes parasitas são correntes elétricas induzidas em materiais condutores quando estes são submetidos a um campo magnético variável. Esse fenômeno é explicado pela Lei de Faraday da indução eletromagnética, que afirma que uma variação do fluxo magnético em um condutor gera uma corrente elétrica.

Devido às correntes parasitas, analise as afirmações:



- I. Haverá uma mudança de temperatura no troféu em função do Efeito Joule.
- II. Como consequência da passagem pelo campo magnético variável do detector, correntes elétricas alteradas surgirão na superfície do troféu.
- III. Os elétrons livres na superfície do material reagirão com o campo elétrico constante gerado pelo detector de metais, gerando uma corrente elétrica constante.
- IV. Devido às correntes parasitas, surgirá um campo magnético induzido no troféu.

Quais são as afirmativas verdadeiras?

- ☐ A I, II e III
- ☐ B Apenas II
- ☐ C I, III e IV
- ☐ D III e IV
- ☐ E I, II e IV

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

Quadro 20 – Organização Praxeológica - Questão 9

Tipo de Tarefa (T)	Analisar os efeitos térmicos, elétricos e magnéticos de correntes parasitas induzidas por um detector de metais.
Técnica (τ)	Identificar que correntes em condutores dissipam calor (Efeito Joule - I); Reconhecer que campos variáveis induzem correntes variáveis (II); Rejeitar a noção de corrente induzida constante (III); Associar corrente elétrica à geração de campo magnético induzido (IV).
Tecnologia (θ)	Leis de Faraday-Neumann-Lenz (Indução) e Efeito Joule.
Teoria (Θ)	Eletromagnetismo.

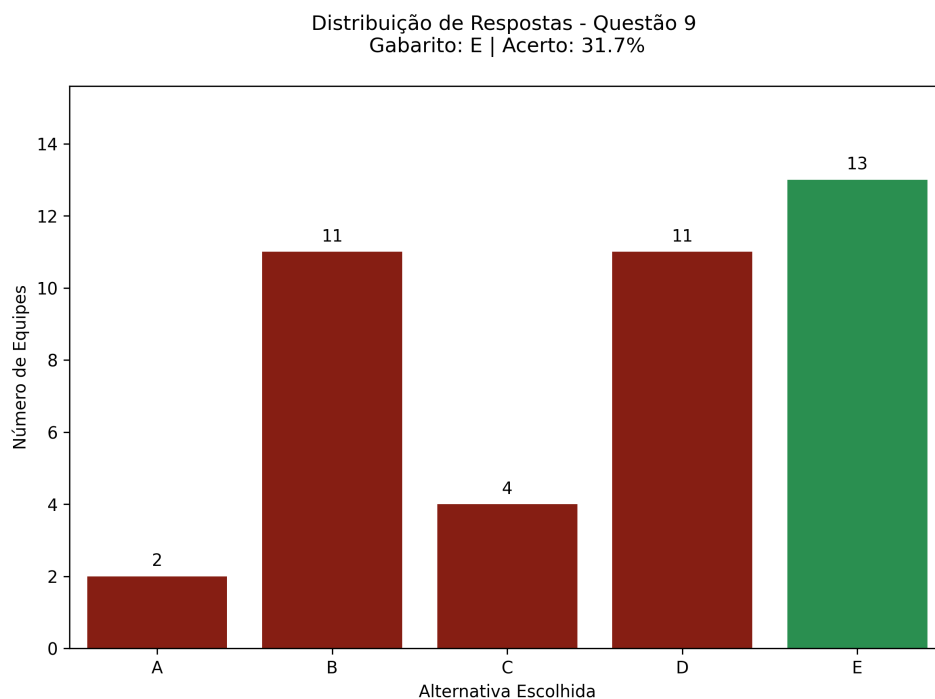
Fonte: Elaborado pelo autor.

A resolução da questão depende da mobilização correta da Lei de Faraday, que estabelece

que a força eletromotriz induzida é proporcional à taxa de variação do fluxo magnético. Como o detector opera com campos oscilantes, as correntes induzidas (Correntes de Foucault) são necessariamente variáveis ou alternadas, o que valida a afirmação II e invalida a afirmação III. Além disso, a técnica requer o reconhecimento de que toda corrente elétrica em um condutor real dissipa energia térmica - validando a afirmação I sobre o Efeito Joule, e gera seu próprio campo magnético - validando a afirmação IV, que é o princípio de detecção do aparelho. A alternativa correta, portanto, é a E.

A análise dos resultados estatísticos (Gráfico 9) revela que esta foi uma questão difícil da prova, com baixa taxa de acerto. Apenas 31,7% das equipes (13 grupos) assinalaram a alternativa correta E. Este baixo desempenho indica que, embora o contexto fosse conhecido, a análise fenomenológica detalhada dos efeitos da indução constitui uma dificuldade significativa para os estudantes.

Gráfico 9 – Gráfico de Resultados Questão 9 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

A distribuição dos erros é particularmente reveladora, pois mostra uma divisão clara entre dois tipos de concepções alternativas, representadas pelos distratores mais frequentes: as Alternativas B e D, que empataram com 26,8% das escolhas cada (22 equipes no total).

A escolha pela Alternativa B (Apenas II) sugere um modelo mental onde a indução é vista como um fenômeno isolado: os estudantes reconhecem corretamente que o campo variável gera uma corrente variável (II), mas falham em atribuir a essa corrente qualquer consequência

física, rejeitando tanto o aquecimento (I) quanto a criação de um campo magnético de resposta (IV).

Por outro lado, a escolha pela Alternativa D (III e IV) revela um erro conceitual oposto e mais profundo. Ao aceitarem a afirmação de que a corrente é constante e rejeitarem a II (corrente variável), esses estudantes demonstram uma confusão entre a eletrodinâmica de corrente contínua e a indução eletromagnética. Eles aplicam um modelo estático a um fenômeno essencialmente dinâmico, ignorando que a indução só existe enquanto há variação.

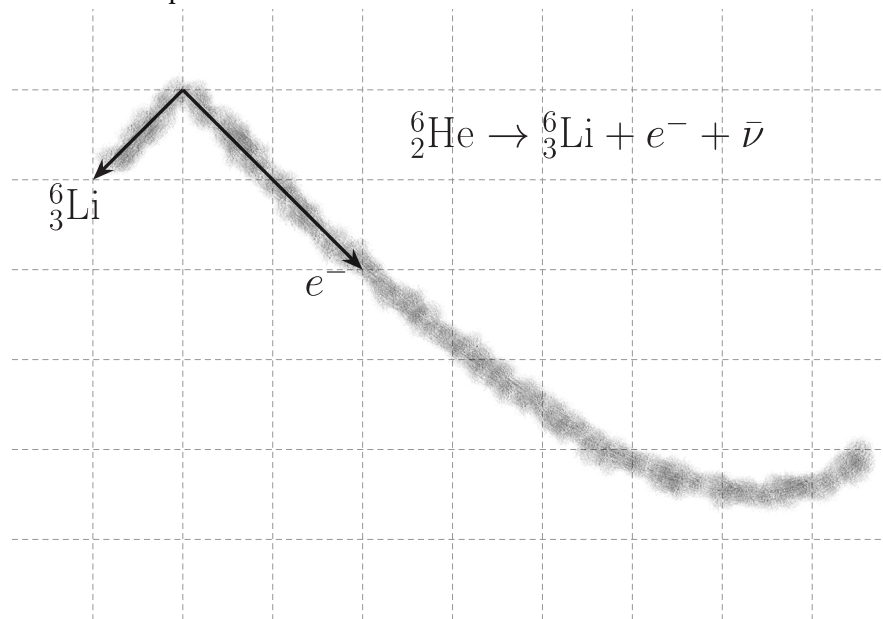
Os demais erros foram menos frequentes: a Alternativa C (9,8%), que também aceita a corrente constante, reforça a dificuldade com a natureza dinâmica do fenômeno; e a Alternativa A (4,9%), que aceita afirmações contraditórias (II e III simultaneamente), sugere confusão na leitura ou na interpretação dos termos.

4.1.10 Análise da Questão 10: Física Moderna, Decaimento e Vetores

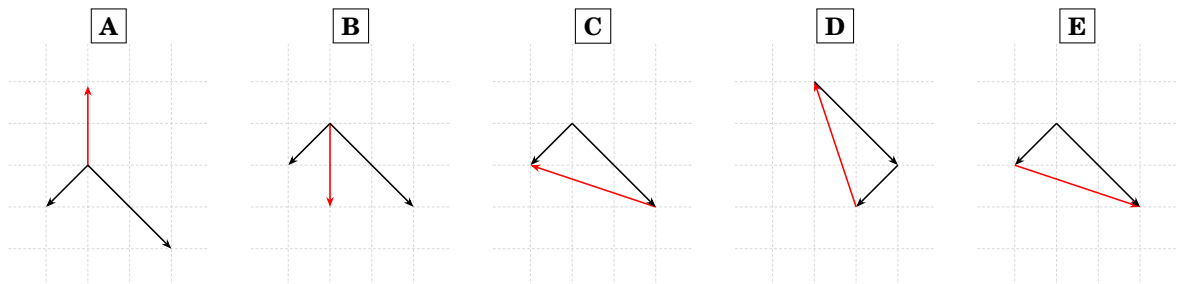
A décima questão situa o estudante no contexto da Física de Partículas, utilizando a imagem de uma câmara de nuvens para visualizar as trajetórias resultantes do decaimento de um isótopo de hélio (${}^6\text{He}$) inicialmente em repouso. A tarefa (T) proposta é de natureza vetorial e exige que o estudante determine a direção e o sentido do vetor quantidade de movimento ($\vec{p}$) de uma terceira partícula não visível (o antineutrino), garantindo a conservação do momento linear do sistema.

Quadro 21 – Questão 10 da Prova Objetiva

Questão 10) Uma câmara de nuvens é um equipamento que registra a trajetória deixada por partículas eletricamente carregadas. Na figura, são mostradas as trajetórias dos produtos do decaimento de um isótopo instável do hélio (${}^6_2\text{He}$) em repouso. Nela, os produtos deste decaimento: um elétron (e^-) e um isótopo de lítio (${}^6_3\text{Li}$), bem como suas respectivas quantidades de movimento ($\vec{p} = m\vec{v}$), no instante do decaimento, são representadas pelas setas, em escala. Uma terceira partícula, denominada antineutrino ($\bar{\nu}$, carga zero), é também produzida nesse processo.



Considerando a conservação da quantidade de movimento, identifique a alternativa que melhor representa a direção e sentido da quantidade de movimento do antineutrino, representada pelo vetor vermelho.



Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

Quadro 22 – Organização Praxeológica - Questão 10

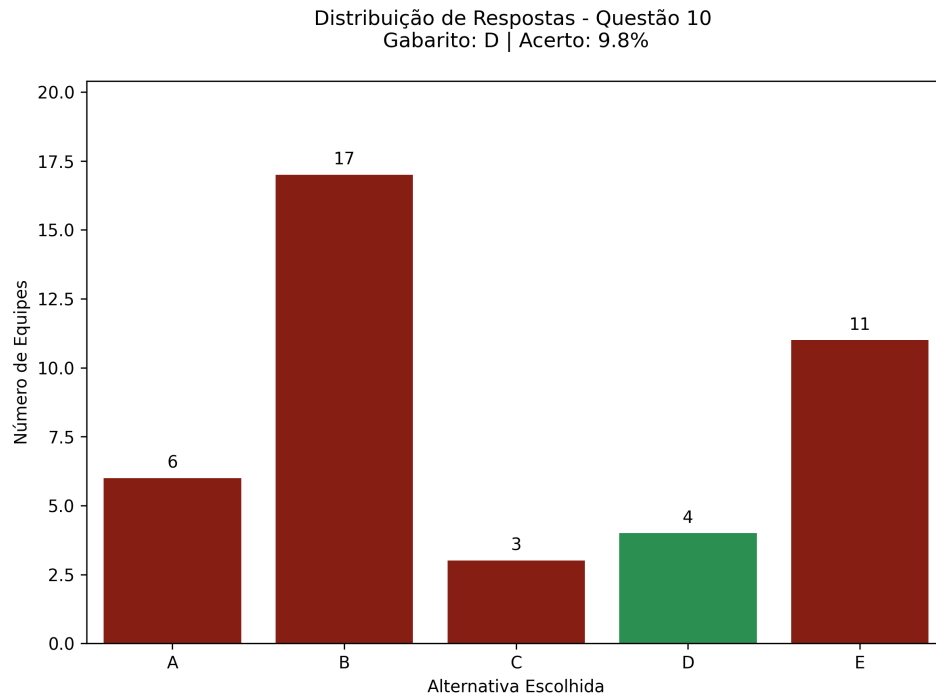
Tipo de Tarefa (T)	Determinar graficamente o vetor quantidade de movimento de um anti-neutrino para garantir a conservação do momento linear nulo.
Técnica (τ)	Identificar o estado inicial ($\vec{p}_i = 0$); Aplicar a conservação ($\vec{p}_f = 0$); Realizar a soma vetorial dos vetores conhecidos ($\vec{p}_{Li} + \vec{p}_e$) e determinar o vetor equilibrante que fecha o polígono.
Tecnologia (θ)	Princípio da Conservação da Quantidade de Movimento e Álgebra Vetorial (Regra do Polígono).
Teoria (Θ)	Mecânica Clássica e Física Moderna.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A resolução dessa tarefa demanda a mobilização de uma praxeologia geométrica aplicada à conservação. A técnica (τ) consiste, primeiramente, em reconhecer que, para um sistema isolado partindo do repouso, a soma vetorial de todos os momentos finais deve ser nula ($\Sigma \vec{p}_f = 0$). Em seguida, o estudante deve realizar a soma vetorial gráfica dos momentos conhecidos — o do núcleo de Lítio (apontando para o quadrante superior esquerdo) e o do elétron (apontando para o quadrante inferior direito, com módulo maior) — obtendo uma resultante parcial. A tecnologia justificadora (θ) reside no fato de que o vetor do antineutrino deve atuar como o “equilibrante” do sistema, possuindo mesmo módulo e direção da resultante parcial, mas sentido oposto, fechando o polígono vetorial. A aplicação correta dessa técnica leva ao vetor orientado para o quadrante superior esquerdo (noroeste), correspondente à Alternativa D.

Ao analisar os resultados estatísticos (Gráfico 10), constata-se que esta foi, de longe, a questão mais crítica de toda a prova. O índice de acerto foi de apenas 9,8% (4 equipes), um valor estatisticamente comparável ao acerto aleatório. Esse desempenho extremamente baixo sinaliza que a competência de somar vetores graficamente em contextos físicos não está consolidada no grupo avaliado, constituindo uma inadequação tecnológico-teórica severa.

Gráfico 10 – Gráfico de Resultados Questão 10 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

A análise dos erros revela a predominância de concepções alternativas sobre a regra vetorial formal. O distrator de maior adesão massiva foi a Alternativa B, escolhida por 17 equipes (41,5% do total), onde o vetor aponta verticalmente para baixo. A preferência por este vetor perpendicular à trajetória do elétron sugere uma forte confusão com a “Regra da Mão Direita” (Força Magnética). Dado que o problema envolve partículas carregadas em movimento, é provável que os estudantes tenham tentado aplicar um produto vetorial ($\vec{v} \times \vec{B}$), buscando uma direção ortogonal, em vez de aplicar a conservação linear.

O segundo erro mais frequente foi a Alternativa E (vetor para a esquerda), com 11 escolhas (26,8%). Este padrão sugere uma tentativa intuitiva de “simetria de preenchimento”: o estudante visualiza o vetor longo do elétron apontando para a direita e busca compensá-lo com um vetor para a esquerda, ignorando as componentes verticais e a regra do fechamento do triângulo. Somadas, as alternativas B e E capturaram quase 70% dos participantes, evidenciando que a intuição física alternativa (simetria ou forças magnéticas) prevaleceu sobre a ferramenta matemática necessária para a resolução.

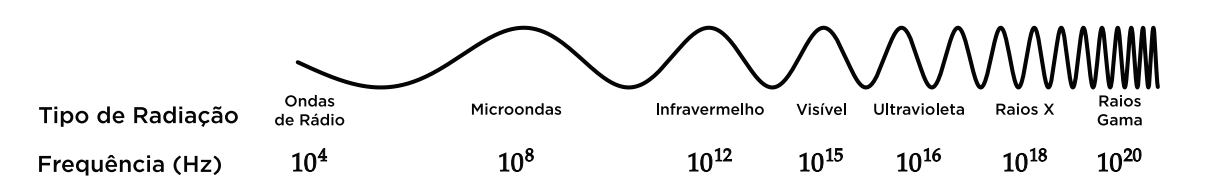
4.1.11 Análise da Questão 11: Física Moderna e Espectro Eletromagnético

A décima primeira questão aborda a estrutura do espectro eletromagnético e a relação entre as propriedades ondulatórias da luz e sua natureza corpuscular. A tarefa (T) proposta exige que o estudante compare a energia dos fótons de três regiões distintas do espectro —

Infravermelho, Ultravioleta e Raios X — utilizando como suporte uma tabela de frequências e informações textuais sobre os comprimentos de onda.

Quadro 23 – Questão 11 da Prova Objetiva

Questão 11) Durante uma visita ao laboratório de ótica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), um grupo de estudantes observou experimentos com diferentes tipos de radiação eletromagnética: radiação infravermelha, radiação ultravioleta e raios X. O professor responsável explicou que a energia de um fóton é proporcional à sua frequência, a qual depende da região do espectro a que pertencem.



Ela mencionou também que o comprimento de onda do infravermelho é maior que o do ultravioleta, que por sua vez é maior que o dos raios X. Adotando a velocidade da luz como constante, pode-se afirmar que:

- ☐ A A energia do fóton de luz infravermelha é maior que a energia do fóton de luz ultravioleta.
- ☐ B A energia do fóton de raio X é menor que a energia do fóton de luz ultravioleta.
- ☐ C As energias são iguais, uma vez que as velocidades são iguais.
- ☐ D As energias dos fótons de luz infravermelha e ultravioleta são iguais, pois são parte do espectro não visível, e são menores que a energia do fóton de raio X.
- ☐ E A energia do fóton de raio X é maior que a do fóton de luz ultravioleta, que é maior que a energia do fóton de luz infravermelha.

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

A resolução da questão fundamenta-se na Equação de Planck, que estabelece que a energia de um fóton é diretamente proporcional à sua frequência ($E = hf$) e, consequentemente, inversamente proporcional ao seu comprimento de onda ($E = hc/\lambda$).

Quadro 24 – Organização Praxeológica - Questão 11

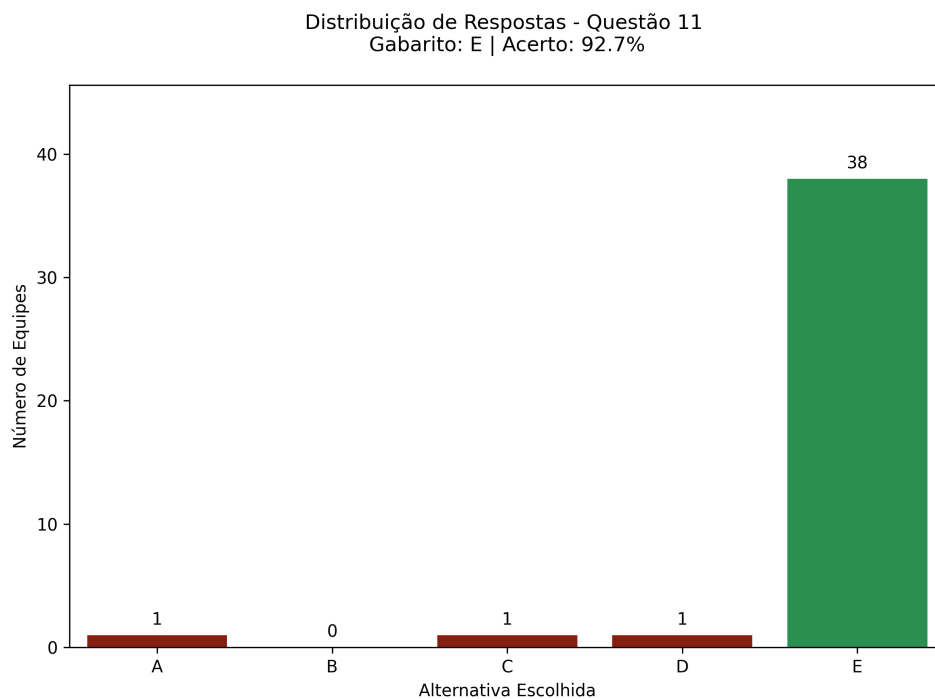
Tipo de Tarefa (T)	Comparar a energia de fótons de diferentes regiões do espectro eletromagnético.
Técnica (τ)	Identificar a ordem das frequências ou comprimentos de onda ($\lambda_{Infra} > \lambda_{UV} > \lambda_{RaioX}$); Aplicar a relação de proporcionalidade inversa entre Energia e Comprimento de Onda ($E \propto 1/\lambda$) ou direta com a Frequência ($E \propto f$).
Tecnologia (θ)	Equação de Planck ($E = hf = hc/\lambda$) e Estrutura do Espectro Eletromagnético.
Teoria (Θ)	Física Moderna e Ondulatória.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O enunciado informa explicitamente a ordem dos comprimentos de onda: Infravermelho (maior λ) > Ultravioleta > Raios X (menor λ). A técnica correta (τ) consiste em inverter essa desigualdade para encontrar a ordem das energias, concluindo que os Raios X (menor comprimento de onda/menor frequência) possuem a maior energia, seguidos pelo Ultravioleta e, por fim, pelo Infravermelho. Esta análise conduz à Alternativa E.

Os resultados estatísticos (Gráfico 11) demonstram que esta foi uma das questões com maior índice de facilidade da prova, apresentando um aproveitamento de 92,7% (38 equipes), idêntico ao da Questão 6 (Quadro 14). O sucesso expressivo indica que a relação fundamental da Física Moderna ($E \propto f$) é um saber bem estabelecido entre os participantes ou que a tabela de frequências fornecida serviu como um objeto ostensivo eficaz para a ordenação das grandezas.

Gráfico 11 – Gráfico de Resultados Questão 11 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

Os erros foram estritamente residuais, com apenas uma escolha para cada um dos distratores A, C e D (2,4% cada). A escolha pela Alternativa C revela uma ruptura clássica: a confusão entre a velocidade de propagação e a energia do fóton. O estudante que marca esta opção estende indevidamente a constância de c para E . Já a Alternativa A sugere um erro de proporcionalidade, onde o estudante associa o maior comprimento de onda do infravermelho a uma maior energia, ignorando a relação inversa de Planck. Por fim, a Alternativa D indica uma generalização categórica, onde o estudante assume que todas as radiações não visíveis possuiriam a mesma energia, desconsiderando as variações de frequência dentro do espectro.

4.1.12 Análise da Questão 12: Cinemática Vetorial e Análise Gráfica

A décima segunda e última questão da fase objetiva utiliza o contexto esportivo do salto com vara para explorar a cinemática do lançamento oblíquo através da linguagem gráfica. A tarefa (*T*) proposta consiste em identificar, em um gráfico de velocidade escalar versus tempo, o instante exato em que o atleta atinge a altura máxima de sua trajetória.

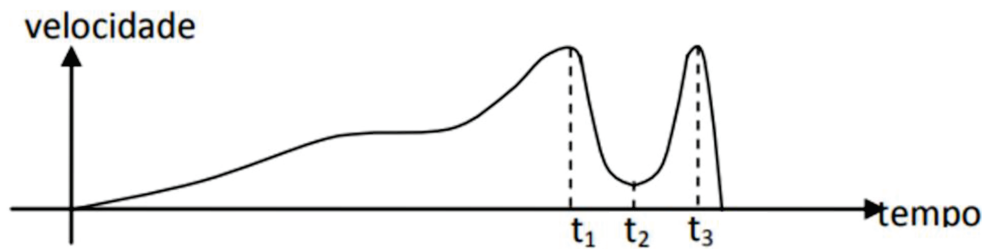
Quadro 25 – Questão 12 da Prova Objetiva

Questão 12) Durante os Jogos Olímpicos do Rio 2016, o brasileiro Thiago Braz fez história ao conquistar a medalha de ouro no salto com vara, atingindo a impressionante marca de 6,03 metros e estabelecendo um novo recorde olímpico na ocasião. No gráfico abaixo, está registrado o comportamento da velocidade escalar de um atleta ao realizar um salto semelhante.

O sentido do movimento foi considerado como o sentido da trajetória, desde o impulso inicial até o momento do amortecimento na queda, e a duração total do salto foi de 6,8 segundos.



Figura extraída em 20/03/2025 no site <https://mundo-iago-braz-bate-recorde-com-vara/>



Sabemos que, no ponto mais alto do salto, a velocidade vertical do atleta se torna zero. Com base no gráfico, em qual instante o atleta atinge sua altura máxima?

- ☐ A Apenas em t_1 .
- ☐ B Em $t = 6,8$ s.
- ☐ C Em t_2 .
- ☐ D Em t_1 e t_3 .
- ☐ E Apenas em t_3 .

Fonte: Arquivo da 1ª Maratona de Física (2025).

A resolução da questão exige um refinamento conceitual para distinguir entre velocidade vertical e velocidade total. No ponto mais alto de um salto com vara, a componente vertical da velocidade é nula ($v_y = 0$), mas o atleta continua se deslocando horizontalmente para ultrapassar o sarrafo ($v_x \neq 0$). Portanto, a velocidade escalar resultante não chega a zero, mas atinge seu valor mínimo local durante o voo.

Quadro 26 – Organização Praxeológica - Questão 12

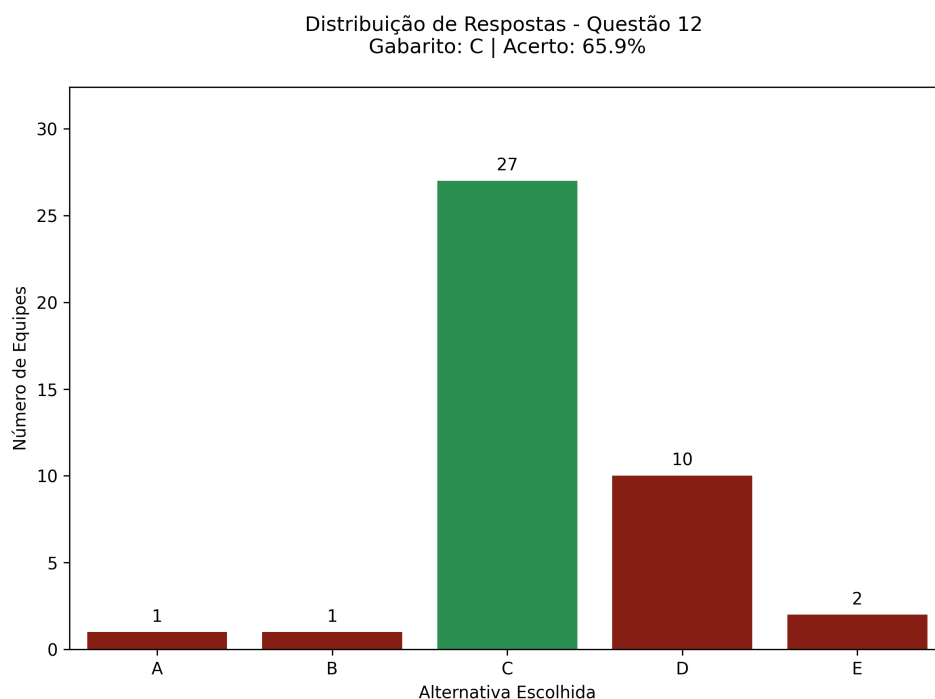
Tipo de Tarefa (T)	Identificar o instante de altura máxima em um lançamento oblíquo a partir do comportamento da velocidade escalar total.
Técnica (τ)	Decompor o movimento (v_x, v_y); Reconhecer que na altura máxima $v_y = 0$, mas $v_x \neq 0$; Concluir que a velocidade escalar resultante ($v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$) será mínima, mas não nula neste instante; Localizar o ponto de mínimo local no gráfico.
Tecnologia (θ)	Cinemática Vetorial, Composição de Movimentos (Galileu) e Conservação de Energia (qualitativa).
Teoria (Θ)	Mecânica Clássica.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No gráfico apresentado, esse comportamento corresponde ao vale da curva situado no instante t_2 . A técnica (τ) consiste, portanto, em interpretar a depressão central do gráfico não como uma parada, mas como o momento de mínima energia cinética e, consequentemente, máxima energia potencial gravitacional, levando à Alternativa C.

A análise dos resultados estatísticos (Gráfico 12) revela um desempenho bastante positivo, com 65,9% de acertos (27 equipes). Este resultado indica que a maioria dos estudantes conseguiu superar a leitura superficial do gráfico e mobilizar o modelo vetorial correto do movimento parabólico.

Gráfico 12 – Gráfico de Resultados Questão 12 da Prova Objetiva



Fonte: Acervo do autor

A análise dos erros, contudo, traz uma surpresa em relação às hipóteses didáticas usuais. O distrator que se esperava ser o mais atrativo — a Alternativa B, que aponta para o instante final ($t = 6,8$ s) onde a velocidade toca o zero — foi escolhido por apenas 1 equipe. Isso demonstra que a concepção de que “na altura máxima o corpo para totalmente”, confundindo o topo da trajetória com o repouso no chão, não foi uma dificuldade relevante para este grupo.

Por outro lado, a real incorreção revelou-se na Alternativa D, escolhida por 10 equipes (24,4% do total). Esta alternativa seleciona os instantes t_1 e t_3 , que correspondem aos picos de máxima velocidade no gráfico (o impulso final de subida e a queda acelerada). A adesão significativa a este distrator sugere uma associação intuitiva de máximos com máximos: o estudante associa a altura máxima (grandeza pedida) aos picos máximos da curva visualizada (grandeza observada), ignorando a conversão de energia cinética em potencial. É um erro de interpretação gráfica onde a forma visual da curva se sobrepõe ao significado físico das variáveis.

4.1.13 Síntese Praxeológica e Padrões de Erro

Após a dissecação individual das doze tarefas que compuseram a primeira fase da I Maratona de Física da UFU, faz-se necessária uma análise vertical do instrumento. O objetivo desta seção é consolidar a Organização Praxeológica de Referência exigida pela prova e cruzá-la com as principais dificuldades manifestadas pelas equipes, permitindo a identificação de padrões de raciocínio e lacunas na aprendizagem que transcendem o conteúdo específico de cada questão.

O Quadro 27 apresenta a síntese do mapeamento praxeológico das doze questões, categorizando o domínio teórico (Θ), a exigência central da Tarefa (T), a Técnica/Tecnologia mobilizada (τ/θ) e o diagnóstico da dificuldade mais recorrente com base na análise qualitativa dos distratores.

Quadro 27 – Síntese da 1ª Fase

Q	Teoria (Θ)	Tarefa Central (T)	Técnica e Tecnologia (τ/θ)	Principal Incorreção
1	Mecânica	Determinar velocidade final em rampa lisa.	Conservação de Energia ($mgh = mv^2/2$).	Falha na simplificação algébrica; uso desnecessário da massa na cinemática.
2	Eletrodinâmica	Verificar limite de potência em gerador.	Cálculo de Potência ($P = U \cdot i$).	Erro de intuição de quantidade ou falha na interpretação da restrição.
3	Ondulatória / Eletromagnetismo	Calcular comprimento de onda da luz.	Equação Fundamental da Ondulatória ($v = \lambda \cdot f$).	Erro de conversão de unidades (km/s para m/s) e manipulação algébrica.
4	Mecânica (Dinâmica)	Determinar força resultante.	Segunda Lei de Newton ($F = m \cdot a$) e Cinemática.	Falha conceitual na aceleração, multiplicando indevidamente massa por velocidade.
5	Cinemática Vetorial	Identificar vetores em lançamento oblíquo.	Decomposição do movimento (Galileu) e ação da gravidade.	Erro de modelagem da trajetória (mirar direto no alvo, ignorando a queda livre).
6	Eletrostática	Identificar força e sinais após atrito.	Série Triboelétrica e Princípio de atração/repulsão.	Inversão pontual dos sinais na leitura da série triboelétrica.
7	Termodinâmica	Identificar propagação de calor no ambiente.	Conceitos de Irradiação e Convecção térmica.	Atenção seletiva (generalizar irradiação), ignorando a mecânica de fluidos do ar.
8	Física Quântica	Julgar emissão e energia cinética.	Efeito Fotoelétrico ($E_c = hf - \phi$).	Falsa proporcionalidade direta (assumir que maior função trabalho = maior energia).
9	Eletromagnetismo	Analisar efeitos de correntes induzidas.	Lei de Faraday-Lenz (Indução Eletromagnética).	Concepção estática da eletricidade (assumir corrente induzida como constante).
10	Física Moderna	Determinar vetor quantidade de movimento.	Conservação do Momento Linear e Álgebra Vetorial.	Ausência de praxeologia vetorial; extrapolação da regra da força magnética.
11	Física Moderna	Comparar energia de fótons no espectro.	Equação de Planck ($E = hc/\lambda$) e espectro visível.	Extrapolar a constância da velocidade da luz (c) para a energia do fóton.
12	Cinemática Vetorial	Identificar instante de altura máxima.	Análise gráfica ($v \times t$) e decomposição vetorial.	Associação visual indevida (pico de velocidade no gráfico = pico de altura).

Fonte: Elaborado pelo autor.

O panorama evidenciado pelo Quadro 27 e pelos dados extraídos das análises individuais revela assimetrias significativas na Relação Pessoal (R_P) que os estudantes estabelecem com

os objetos do saber físico. O desempenho global das equipes permite agrupar as praxeologias mobilizadas em três grandes categorias de tendências de aprendizagem e dificuldades.

Em primeiro lugar, nota-se um sucesso consolidado em praxeologias declarativas, conceituais e de proporcionalidade direta. Questões que exigiam o reconhecimento de princípios teóricos diretos ou a leitura de tabelas simples foram resolvidas com extrema fluidez. Destacam-se aqui os altos índices de acerto nas Questões 6, 11 e 5, que alcançaram taxas de sucesso entre 87% e quase 100%. Nestes casos, a técnica (τ) consistiu basicamente na recuperação da tecnologia teórica (θ) e em sua aplicação direta ao fenômeno, sem a barreira de cálculos extensos.

O segundo agrupamento de resultados revela uma vulnerabilidade calcada em incorreções algébrico-estruturais. Observou-se que a proficiência dos estudantes cai drasticamente quando o fenômeno físico exige conversões rigorosas ou manipulações de equações com múltiplas variáveis. A Questão 3 ilustra perfeitamente essa barreira: um erro massivo ocorreu pela simples falha na conversão de km/s para m/s. De modo semelhante, na Questão 1, muitas equipes não conseguiram operar a simplificação da massa no balanço de energia; na Questão 4, falharam ao estruturar o conceito de aceleração antes de aplicar a Segunda Lei de Newton; e na Questão 8, inferiram uma proporcionalidade direta equivocada na equação de Einstein. Tais ocorrências indicam que a matemática atua, não raro, como uma barreira semiológica que impede o estudante de chegar ao fim da tarefa física.

Por fim, o terceiro e mais crítico agrupamento de erros está associado a inadequações tecnológico-teóricas e representacionais (visuais e vetoriais). O grupo de estudantes demonstrou que suas técnicas colapsam quando a tarefa (T) exige a modelagem mental de fenômenos dinâmicos ou a tradução entre diferentes representações (gráficos, vetores e realidade física). As três questões mais difíceis da prova evidenciam essa ruptura profunda entre a práxis e o logos:

1. Na Questão 10 (Vetores no decaimento), ocorreu o colapso mais severo da prova (apenas 9,8% de acerto). O abandono da regra do polígono em favor de chutes geométricos ou intuições de força magnética demonstra que o vetor ainda não se consolidou como uma entidade matemática operável.
2. Na Questão 9 (Indução), mais de um terço das equipes falhou ao atribuir um caráter estático e constante a uma corrente induzida, importando um modelo mental de circuitos simples incompatível com a natureza da Lei de Faraday.
3. Na Questão 12 (Gráficos), a intuição visual superou a análise formal: uma parcela significativa associou o pico do gráfico de velocidade (máximo visual) à máxima altura atingida, desconsiderando a análise das componentes vetoriais e a conservação da energia mecânica.

4.2 As Fases Discursivas: Modelagem e Tratamento de Dados

A transição da prova objetiva para as fases discursivas (Segunda e Terceira Fases) exige uma reconfiguração da Relação Institucional (R_I) estabelecida com os participantes. Enquanto na primeira fase a avaliação centrava-se no reconhecimento de praxeologias conceituais e fechadas, as etapas discursivas da I Maratona de Física demandaram competências associadas à Física Experimental: o tratamento de dados brutos, a modelagem gráfica e a extração de parâmetros físicos a partir de um conjunto de medidas empíricas.

Como as situações-problema da Fase 2 e da Fase 3 possuem naturezas praxeológicas bem semelhantes — ambas exigindo o transplante de dados tabulados para o plano cartesiano e a linearização de fenômenos —, optou-se por consolidar o referencial de análise destas duas etapas nesta seção.

Para adequar a interpretação das folhas de resposta a essa nova demanda construtiva, o sistema de categorização via AC (Bardin, 2011) foi refinado à luz da TAD. Os acertos e dificuldades manifestadas pelos estudantes foram classificados em sete categorias, alocadas em três grandes blocos hierárquicos, como ilustra o Quadro 28.

Quadro 28 – Categorização Praxeológica das Respostas (Fases Discursivas)

Categoria (Código)	Descrição Analítica e Indicadores
Bloco I: Relação com a Tarefa (<i>T</i>) e Contrato Didático	
0 - Sucesso Praxeológico	O estudante compreende a tarefa, executa a técnica de forma válida e atinge o resultado com coerência tecnológica.
1 - Omissão / Em Branco	O item é deixado em branco ou possui somente uma resposta sem desenvolvimento. O estudante não mobiliza ou não registra nenhuma técnica.
2 - Tarefa Incompleta	O estudante inicia a resolução, apresentando dados parciais ou rascunhos, mas abandona o desenvolvimento antes de finalizar a exigência.
Bloco II: Rupturas da Práxis (Falhas na Técnica - τ)	
3 - Erro Algébrico	A modelagem da equação está correta, mas ocorrem erros de natureza estritamente aritméticos, como erros de operação, manipulação de equação, isolamento de incógnitas.
4 - Tratamento de Dados	Falhas na manipulação de informações brutas, tais como a leitura ou construção equivocada de tabelas, erro ou ausência na conversão de unidades ou o uso de dados não correspondentes à situação física.
5 - Representação Gráfica	Exclusivo para modelagem. Construção de eixos sem linearidade, escalas desproporcionais, plotagem incorreta de pontos ou inversão de eixos.
Bloco III: Rupturas do Logos (Falhas na Tecnologia - θ)	
6 - Inadequação Tecnológico-Teórica	O modelo físico mobilizado diverge do real. Neste contexto, manifesta-se pela não compreensão do significado físico de um ajuste linear matemático (calcular constantes usando um ponto isolado), forçar linearidades inexistentes, atribuir relações de causalidade invertidas, ou simplesmente por utilizar uma tecnologia inadequada à situação física ilustrada.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Bardin (2011) e Chevallard (1999).

Durante o evento, a correção das provas atribuiu pontuações individuais para cada subitem das tarefas, variando de 0 a 1 ponto por item, totalizando 5 pontos na Fase 2 e 6 pontos na Fase 3.

A análise transversal das respostas revelou a incidência de escores fracionados (ex: 0,25; 0,50; 0,75), evidenciando que a avaliação original da banca elaboradora não assumiu um caráter puramente binário (acerto total OU erro total):

- a) **Escore Integral (1,0):** Indica o sucesso praxeológico da técnica mobilizada, alinhando-se diretamente à Categoria 0.
- b) **Escores Parciais (0,25 a 0,75):** Sinalizam o reconhecimento correto da Tarefa (*T*) e da Tecnologia teórica (θ), porém revelam rupturas pontuais no bloco da práxis durante a execução da Técnica (τ), como equívocos de arredondamento numérico (Categoria 3), uso de valores não condizentes (Categoria 4) ou imprecisões na confecção das escalas gráficas (Categoria 5).

- c) **Escore Nulo (0,0):** Aponta para o colapso estrutural da resolução, seja por recusa e ruptura do contrato didático (Categoria 1) ou pela prevalência de inadequações tecnológico-teóricas intransponíveis que desviam a resolução de seu significado físico institucionalizado (Categoria 6).

Com essa taxonomia e métricas estabelecidas, procede-se à análise dos resultados das equipes, iniciando-se pela Segunda Fase.

4.2.1 Análise da Questão de Segunda Fase

A situação-problema da segunda fase (**Apêndice A**) contextualiza o funcionamento de uma balança digital, que utiliza um circuito de Ponte de Wheatstone para medir a deformação (ϵ) de um extensômetro quando submetido a uma força peso. O estudante recebe uma tabela contendo dados brutos de massa (0 a 6 kg) e resistência elétrica (350 a 382 Ω), medidos ficticiamente pelo personagem Joãozinho. A equação teórica que rege o fenômeno é fornecida: $\Delta R = K \cdot R_0 \cdot \epsilon$, onde $K = 2$ e $R_0 = 350 \Omega$.

A complexidade desta questão reside na sua estrutura em cascata (itens de *a* a *e*), típica de relatórios de laboratório. O erro em uma etapa inicial propaga-se para as seguintes, exigindo uma técnica contínua e coerente.

O Quadro 29 apresenta a Organização Praxeológica de Referência desmembrada para cada item da tarefa.

Quadro 29 – Organização Praxeológica - Questão Discursiva (Fase 2)

Item	Tarefa (<i>T</i>)	Técnica Esperada (<i>τ</i>)
a	Preencher a tabela de dados processados.	Calcular a variação da resistência ($\Delta R = R - R_0$) para cada massa, subtraindo o valor base de $350 \, \Omega$ dos demais valores lidos.
b	Construir o gráfico de dispersão.	Desenhar eixos cartesianos ortogonais (Massa no eixo <i>x</i> , ΔR no eixo <i>y</i>); Atribuir escalas lineares proporcionais; Plotar os 7 pares ordenados.
c	Traçar a reta de melhor ajuste (linearização).	Realizar o ajuste linear gráfico, traçando com uma régua a reta contínua que melhor minimiza as distâncias dos pontos experimentais plotados.
d	Determinar o coeficiente angular.	Selecionar dois pontos pertencentes à reta traçada (não necessariamente os da tabela) e calcular a inclinação: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$.
e	Determinar a constante física de deformação (<i>C</i>).	Relacionar o coeficiente angular (<i>m</i>) com a equação física ($m = K \cdot R_0 \cdot C$), isolando a variável <i>C</i> e inserindo as unidades corretas.
Tecnologia (<i>θ</i>): Proporcionalidade direta; Regressão linear gráfica; Significado físico da inclinação da reta; Calibração de instrumentos de medida.		
Teoria (<i>Θ</i>): Física Experimental (Tratamento de Dados), Eletrodinâmica (Instrumentação) e Mecânica (Força/Deformação).		

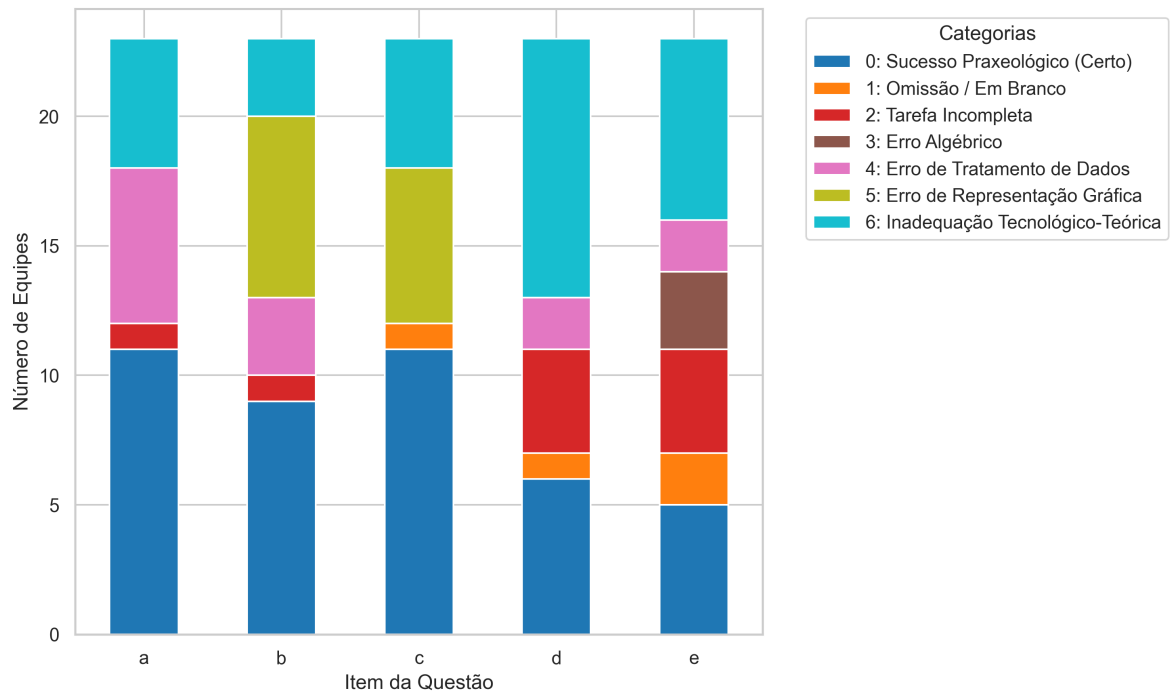
Fonte: Elaborado pelo autor.

A resolução desta atividade demanda não apenas o domínio das equações, mas um letramento científico específico: a capacidade de traduzir números tabulados em uma representação funcional e, a partir desta modelagem, produzir representações gráficas e extrair propriedades do sistema (Duval, 2012).

O item d representa o núcleo praxeológico da questão. O estudante deve reconhecer que os dados empíricos possuem flutuações e que a constante do aparelho não deve ser extraída de um ponto isolado da tabela, mas sim da tendência geral do comportamento do sistema, que é materializada no coeficiente angular da reta de melhor ajuste traçada no item c.

A aplicação do referencial analítico às folhas de respostas da Segunda Fase revelou um panorama de desempenho majoritariamente deficitário. O desafio de transpor dados tabelados para um modelo gráfico linearizado provou-se uma severa dificuldade para grande parte das equipes. O Gráfico 13 ilustra a distribuição das categorias de erro por item, demarcando o afastamento da Relação Pessoal ($R_p(O)$) dos participantes em relação à Relação Institucional ($R_I(O)$) e evidenciando em quais blocos ocorreu a inadequação.

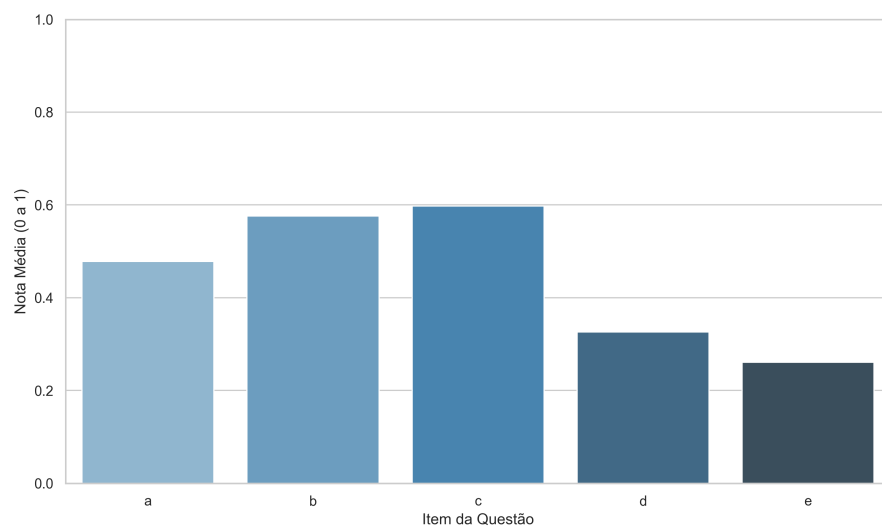
Gráfico 13 – Distribuição da Praxeologia das Resposta da 2ª Fase



Fonte: Acervo do autor.

Corroborando a análise qualitativa, o Gráfico 14 demonstra a queda abrupta da pontuação média global ao longo da resolução.

Gráfico 14 – Média de Desempenho por Item



Fonte: Acervo do autor.

O levantamento nas folhas de resposta revelou que o baixo rendimento geral não se deu por falhas isoladas em cada etapa, mas por uma forte propagação de erros, cujo epicentro

localizou-se logo na Tarefa Inicial (Item *a*). O item *a* exigia a técnica (τ) de calcular a variação da resistência ($\Delta R = R - R_0$) mantendo o valor de $R_0 = 350 \, \Omega$ como referencial fixo. A análise evidenciou que este foi o principal gargalo da questão, gerando dois padrões de erros massivos e de naturezas praxeológicas distintas:

1. **Erro de Tratamento de Referencial (Categoria 4):** Uma parcela significativa das equipes compreendeu a necessidade de calcular uma variação (Δ), mas executou a técnica subtraindo valores consecutivos da tabela (ex: subtraindo a resistência do objeto 2 pela do objeto 1, obtendo $\Delta R = 364 - 361 = 3$), em vez de subtrair do estado fundamental de repouso (R_0). Trata-se de uma ruptura no bloco da práxis, onde a técnica operatória corrompe a leitura empírica dos dados.
2. **Inversão de Técnica (Categoria 6):** O segundo erro, ainda mais limitante, ocorreu quando equipes tentaram preencher a tabela utilizando diretamente a fórmula teórica fornecida ($\Delta R = K \cdot R_0 \cdot \varepsilon$). Diversos grupos atribuíram valores arbitrários e injustificados para a deformação (como forçar $\varepsilon = 5$) e realizaram multiplicações sucessivas à medida que a força crescia. Sob a ótica da TAD, isso configura uma severa ruptura no bloco prático-técnico. O aluno demonstra não compreender a natureza da Física Experimental: inverte-se a causalidade do método, abandonando o dado empírico real para tentar forçar a adequação do sistema a um modelo teórico imaginário.

As consequências da ruptura no item *a* propagaram-se fatalmente para os itens subsequentes. Nos itens *b* (plotagem) e *c* (traçado da reta), observou-se um fenômeno didático curioso: muitas equipes conseguiram demonstrar a sua fluência no bloco da práxis ao aplicar a técnica gráfica (Categoria 0 ou escores parciais devido à Categoria 5 de escala). Ou seja, os estudantes sabiam desenhar eixos cartesianos, sabiam plotar os pares ordenados e sabiam traçar uma reta de melhor ajuste com uma régua.

Contudo, como os valores de ΔR transferidos para o eixo *y* estavam contaminados pelos erros da etapa anterior, o modelo geométrico resultante perdeu sua coerência tecnológico-teórica. O gráfico construído não representava mais o fenômeno físico da balança, resultando em penalizações substanciais na pontuação, mesmo quando a representação do gráfico estava tecnicamente aceitável.

Ao atingirem os itens *d* (calcular coeficiente angular) e *e* (determinar a constante da balança), a maioria das equipes já se encontrava em confusão total. O Gráfico 13 evidencia uma elevação das categorias de Ruptura (Categoria 1) e Abandono (Categoria 2) nestes itens finais.

Dentre as equipes que tentaram prosseguir, a principal falha (Categoria 6) consistiu na extração do coeficiente angular utilizando apenas um ponto isolado da tabela, ignorando a reta de melhor ajuste construída no item *c*. Tal procedimento indica a dificuldade do estudante em atribuir significado físico à inclinação de uma reta experimental, tratando o sistema dinâmico

com flutuações experimentais como uma simples proporção matemática ideal. O Quadro 30 sintetiza estes pontos:

Quadro 30 – Síntese dos Diagnósticos Praxeológicos - Fase 2 (Extensômetro)

Item	Natureza da Tarefa (<i>T</i>)	Diagnóstico Praxeológico Predominante
a	Tratamento de dados empíricos (Cálculo da variação de resistência ΔR).	Ruptura no bloco da práxis (referencial de leitura indevido - Categoria 4) e grave inadequação tecnológico-teórica (inversão causal forçando modelo teórico sobre o dado empírico - Categoria 6).
b	Representação gráfica (Plotagem de pares ordenados).	Fluência técnica no bloco da práxis (desenho correto dos eixos e pontos), porém com perda da coerência tecnológico-teórica devido à propagação dos erros do item anterior.
c	Modelagem geométrica (Traçado da reta de melhor ajuste).	Manutenção da validade da práxis geométrica (reta bem traçada), mas representando um fenômeno físico irrereal (propagação do erro).
d	Extração de parâmetro matemático (Cálculo do coeficiente angular).	Elevada taxa de abandono (Categorias 1 e 2) e inadequação tecnológico-teórica severa pelo uso de um ponto isolado da tabela em detrimento da reta experimental (Categoria 6).
e	Atribuição de significado físico (Determinação da constante <i>C</i>).	Ruptura quase total. Incapacidade de associar o coeficiente matemático (item d) ao modelo físico exigido pela instituição.

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2.2 Análise da Questão de Terceira Fase

A terceira fase da Maratona de Física exigiu das equipes a modelagem matemática e gráfica do enchimento de dois tanques cilíndricos. A situação-problema (**Apêndice B**) mobiliza conceitos de cinemática escalar adaptados para taxas de variação de altura e volume (vazão). O Quadro 31 detalha a Organização Praxeológica esperada pela Instituição para a resolução integral e correta da proposta.

Quadro 31 – Organização Praxeológica - Questão Discursiva (Fase 3)

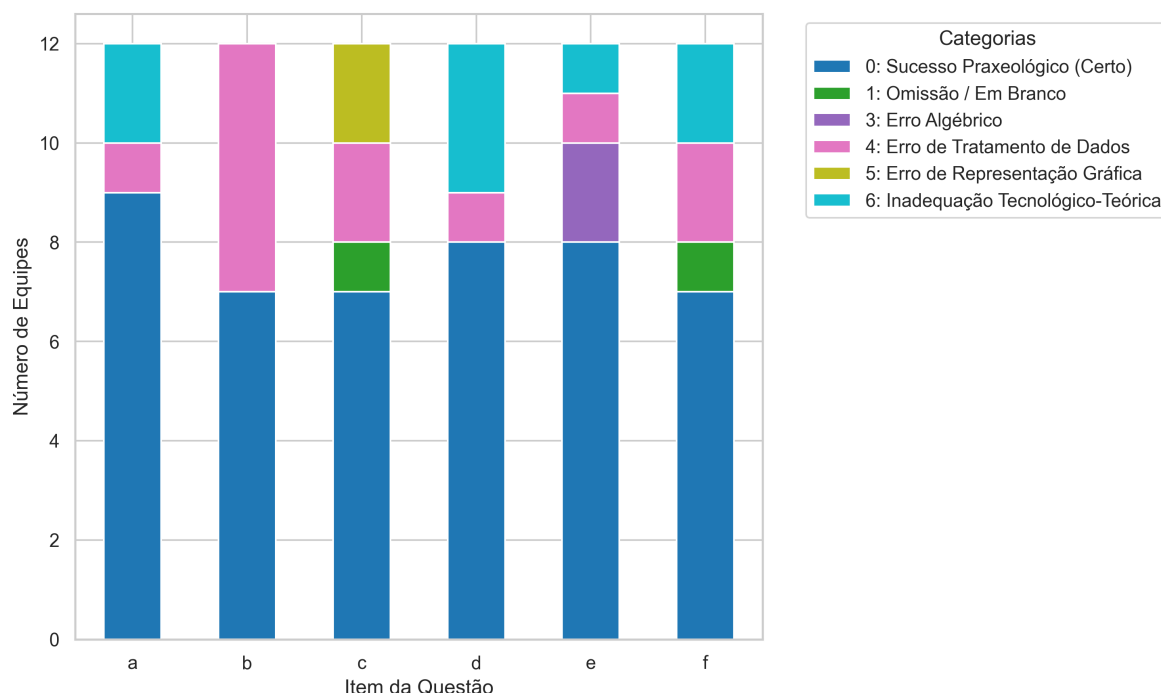
Item	Tarefa (T)	Técnica Esperada (τ)
a	Determinar as taxas de enchimento (variação de altura no tempo) dos tanques A e B.	Calcular a taxa do Tanque A pela razão $\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{12-4}{4} = 2$ m/min. Em seguida, multiplicar essa taxa por 2 para encontrar a taxa do Tanque B (4 m/min).
b	Construir tabela relacionando altura e tempo e identificar o limite de capacidade.	Calcular a altura máxima permitida: $h_m = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{6000}{3 \times 100} = 20$ m. Iterar os valores de altura minuto a minuto até $h = 20$ m (atingido em $t = 8$ min para A, e $t = 5$ min para B).
c	Construir modelo gráfico bidimensional (Altura $\times$ Tempo).	Desenhar eixos cartesianos regulares. Plotar os pares ordenados obtidos no item anterior. Traçar duas retas crescentes que se tornam constantes (horizontais) ao atingirem o teto de 20 metros.
d	Determinar o instante de intersecção das alturas.	Igualar as equações ou observar no gráfico/tabela o ponto de encontro. Resolver $4 + 2t = 4t$, obtendo o instante $t = 2$ min (com altura mútua de 8 metros).
e	Modelar algebricamente as funções horárias da altura.	Escrever equações lineares do tipo $h(t) = h_0 + v_h \cdot t$, restritas ao domínio antes do transbordamento: $h_A(t) = 4 + 2t$ e $h_B(t) = 4t$.
f	Calcular a vazão volumétrica (Q) de cada tanque.	Relacionar a variação de volume com a variação de altura: $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \pi \cdot r^2 \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t}$. Multiplicar a área da base (300m^2) pelas taxas do item 'a', obtendo $Q_A = 600\text{m}^3/\text{min}$ e $Q_B = 1200\text{m}^3/\text{min}$.
Tecnologia (θ): Taxa de variação média e instantânea; linearidade; intersecção de funções afins; relação de proporcionalidade direta entre volume cilíndrico e altura; conceito de vazão volumétrica.		
Teoria (Θ): Cinemática (Funções horárias de posição e velocidade constante), Geometria Espacial (Cilindros) e Hidrodinâmica elementar (Conservação de massa/vazão contínua em fluidos incompressíveis).		

Fonte: Elaborado pelo autor

Diferente da Fase 2, onde a modelagem gráfica servia para a extração empírica de uma constante elástica desconhecida, a Tarefa central desta Fase 3 atua no sentido inverso: o estudante parte de parâmetros conhecidos e discretos para prever o comportamento contínuo e futuro de um sistema fluido. A correta execução dos itens iniciais blinda o estudante contra colapsos praxeológicos nas análises algébricas posteriores.

O panorama de desempenho na Terceira Fase revelou um contraste brutal e positivo em relação à etapa discursiva anterior. A incidência da Categoria 0 (Sucesso Praxeológico) foi massiva, resultando em um nivelamento por cima das notas, a ponto de o critério de desempate (ordem de entrega da prova) tornar-se o fator determinante para a classificação das equipes para a fase seguinte. O Gráfico 15 ilustra essa predominância de acertos ao longo de todos os itens.

Gráfico 15 – Distribuição da Praxeologia das Resposta da 3ª Fase



Fonte: Acervo do autor.

Sob a lente da TAD e da Didática das Ciências, esse salto qualitativo no desempenho da amostra (reduzida agora a 12 equipes) não deve ser lido apenas como um domínio prévio da Física de fluidos, mas sim como fruto de três fenômenos superpostos:

1. **Afunilamento:** A amostra de estudantes desta fase passou por um processo de seleção rigoroso nas etapas anteriores. As equipes que alcançaram a semifinal já haviam demonstrado possuir uma Organização Praxeológica sólida, bem como perseverança ao enfrentar as fases anteriores.
2. **Adaptação ao Contrato Didático:** O ambiente de uma Maratona impõe tensões atípicas à sala de aula, como limite de tempo severo, nervosismo e o trabalho em equipe sob pressão. O avanço para a terceira fase indica uma regulação emocional e uma adaptação às regras implícitas e explícitas deste novo contrato didático.
3. **Familiarização:** Como a Fase 3 exigia o mesmo letramento científico da Fase 2 - transposição de texto para tabela e de tabela para gráfico linear, o choque inicial do modelo experimental já havia sido superado. Os estudantes realizaram uma transferência da técnica (τ) recém-mobilizada na balança para o problema dos reservatórios, blindando-se contra os erros primários de construção gráfica e leitura de referenciais que enfrentaram na fase anterior.

Entretanto, apesar da excelência geral, a análise rigorosa das respostas não indica a ausência total de incorreções. Observou-se a presença residual de dois padrões de erro específicos, que impediram a pontuação máxima de algumas equipes.

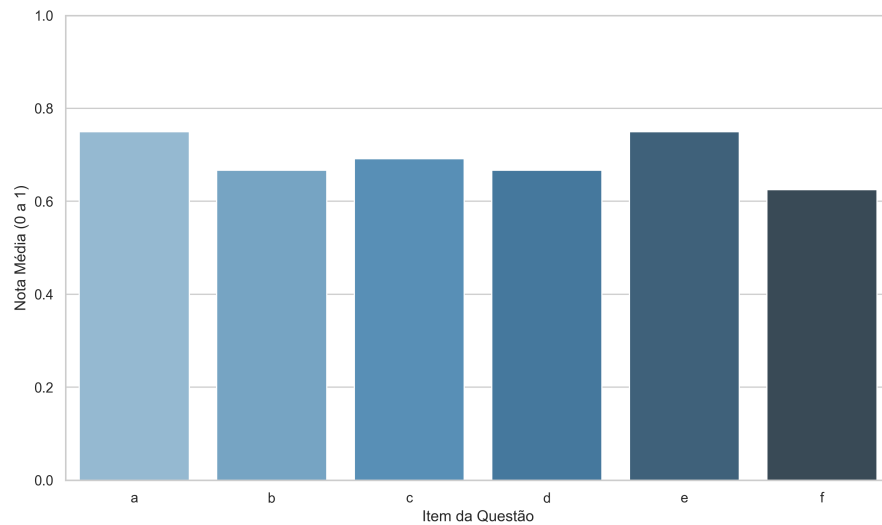
Primeiramente, verificou-se o retorno da Propagação de Erros (Categoria 4 - Tratamento de Dados). Um pequeno grupo de equipes (2 a 3 grupos) cometeu erros logo no item *a* ao estabelecer as taxas de enchimento. Ao propagarem esses valores equivocados para a construção da tabela (item *b*) e para as funções horárias (item *e*), suas praxeologias perderam sua validade, o que acarretou o esgotamento precoce da resolução e notas severamente penalizadas, culminando até mesmo em equipes com resultado zerado. Salienta-se, contudo, que os erros na Técnica matemática em si (Categoria 3 - Erro Algébrico) foram estatisticamente irrisórios, reforçando que o problema não era aritmético, mas de manipulação do modelo.

O segundo padrão de erro, qualitativamente mais rico, concentrou-se no item final da tarefa (item *f*), que exigia o cálculo da vazão volumétrica (Q). Observou-se uma incidência notável da Categoria 6 (Inadequação Tecnológico-Teórica), manifestada quando estudantes substituíram o que se pedia (Volume) pelos dados que já possuíam (Altura). Algumas equipes assumiram a taxa linear de enchimento (m/min) como sendo a própria vazão volumétrica (m^3/min), ignorando a necessidade de multiplicar a taxa linear pela área da base do cilindro.

Essas dificuldades revelam uma ruptura no Bloco do Logos: o estudante domina a cinemática unidimensional do enchimento, compreendendo com certa facilidade a que velocidade a água sobe, mas sua Relação Pessoal (R_P) com o objeto não-ostensivo “Vazão” ainda não está perfeitamente alinhada à Relação Institucional (R_I). Falha-se ao tentar transpor o modelo linear de uma dimensão para o espaço tridimensional, tratando grandezas físicas de naturezas espaciais distintas como se fossem equivalentes.

A confirmação quantitativa deste cenário de fluência praxeológica é evidenciada pelo Gráfico 16. Diferente da Fase 2, onde a nota média despencava vertiginosamente a cada item, a Fase 3 apresenta uma notável estabilidade. As médias mantiveram-se entre 0,62 e 0,75 ao longo de toda a resolução. A leve inflexão na nota do item *f* reflete pontualmente a inadequação conceitual no cálculo da vazão volumétrica, mas não caracteriza um colapso estrutural da tarefa.

Gráfico 16 – Média de Desempenho por Item



Fonte: Acervo do autor.

O Quadro 32 sistematiza os diagnósticos praxeológicos predominantes em cada etapa da modelagem dos reservatórios.

Quadro 32 – Síntese dos Diagnósticos Praxeológicos - Fase 3 (Vazão de Reservatórios)

Item	Natureza da Tarefa (<i>T</i>)	Diagnóstico Praxeológico Predominante
a	Cálculo de taxa de variação (Velocidade de enchimento).	Amplio Sucesso Praxeológico (Categoria 0). Ocorrência isolada de erro de Tratamento de Dados (Categoria 4), gerando o único foco de Propagação de Erros da fase.
b	Construção de tabela (Iteração de dados).	Fluência na práxis de tabulação. Equipes demonstraram familiarização com a exigência após a Fase 2.
c	Representação gráfica cartesiana.	Manutenção da validade da práxis e do logos. Ausência quase total de erros de escala ou plotagem (suprindo a deficiência da fase anterior).
d	Determinação de intersecção.	Sucesso na identificação do ponto de encontro, seja pela leitura direta do gráfico construído ou por igualdade algébrica.
e	Modelagem algébrica (Funções afins).	Alto índice de acertos na formulação das equações horárias $h(t)$, evidenciando domínio técnico sem rupturas aritméticas.
f	Atribuição de significado tridimensional (Vazão Q).	Ponto de maior incidência de Inadequação Tecnológico-Teórica (Categoria 6). Confusão entre a taxa linear unidimensional (m/min) e a vazão volumétrica tridimensional (m^3/min).

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3 Síntese Praxeológica das Fases Discursivas

A transição da prova objetiva (Primeira Fase) para os problemas abertos de modelagem e tratamento de dados (Segunda e Terceira Fases) revelou facetas profundas da Relação Pessoal dos estudantes com o saber físico. Ao exigir que as equipes atuassem não apenas como leitoras de fenômenos, mas como construtoras de modelos experimentais, as fases discursivas permitiram mapear com precisão as valências operatórias e as vulnerabilidades tecnológicas da amostra.

No que tange às valências, o diagnóstico praxeológico contrariou, pelo menos no corpus desta pesquisa, o senso comum de que as deficiências em Física derivam de uma base matemática fraca. A análise das folhas de resposta revelou uma notável fluência no bloco da práxis matemática. As equipes demonstraram domínio expressivo na resolução de equações algébricas, na construção de eixos cartesianos e na plotagem de pares ordenados.

Além do letramento matemático, o contraste de desempenho entre as fases evidenciou uma valiosa competência cognitiva das equipes finalistas: a capacidade de adaptação ao contrato didático e a transferência praxeológica, isto é, a capacidade de se apropriar de uma técnica previamente mobilizada. O salto de rendimento da Fase 2 para a Fase 3 comprova que, ao serem expostos à exigência institucional de tabular dados e linearizar fenômenos, os estudantes foram capazes de refinar suas técnicas em tempo real, mitigando os erros operacionais na tarefa subsequente.

Em contrapartida, as dificuldades mapeadas localizaram-se predominantemente nas fronteiras de tradução entre o empírico, o matemático e o físico. A primeira grande inadequação estrutural concentrou-se no tratamento de dados brutos. A alta incidência de propagação de erros revelou que extrair a informação correta do texto ou do referencial do laboratório (como determinar o estado inicial de repouso ou a taxa de enchimento correta) é uma tarefa mais árdua do que manipular os dados posteriormente. A técnica falha no seu primeiro passo, comprometendo todo o modelo subsequente.

Contudo, o diagnóstico mais crítico recai sobre as inadequações tecnológico-teóricas (o colapso no bloco do logos). O padrão de erros em ambas as fases aponta para um esvaziamento do significado físico das ferramentas matemáticas. Na balança, o estudante calcula uma divisão isolada em vez de enxergar o coeficiente angular da reta, ignorando a natureza estatística do experimento. Nos reservatórios, o estudante confunde a variação de uma linha unidimensional com o preenchimento de um volume tridimensional. Em ambos os casos, a matemática pela matemática está correta, mas a física que a justifica é irreal.

Pode-se afirmar que o verdadeiro gargalo na Relação Pessoal dos participantes não reside na execução de algoritmos, mas na modelagem. Os estudantes da IMAFIS demonstraram saber como calcular, mas apresentaram severas limitações tecnológico-teóricas para decidir o que calcular e o que aquele resultado matemático representa na realidade material de algum fenômeno físico.

4.3 Fase Final: Questão Experimental

A última etapa da IMAFIS consistiu em uma prova estritamente experimental. O roteiro (Apêndice C) apresentava um caráter propositalmente amplo: em vez de fornecer um procedimento algorítmico do como fazer (Técnica), a atividade focava no que descobrir (Tarefa). Munidas de um ímã de neodímio previamente calibrado, uma bússola, uma régua e um goniômetro, as seis equipes finalistas receberam a missão de determinar a intensidade do campo magnético terrestre local. O comando da questão explicitava textualmente a necessidade de considerar que os campos magnéticos possuem natureza vetorial.

A primeira observação durante a aplicação *in loco* foi o choque inicial diante da abertura do Contrato Didático. Exigiu-se das equipes a alocação de expressiva parcela do tempo total de prova apenas para o reconhecimento ostensivo dos materiais, forçando a organização do evento a realizar uma mediação, fornecendo dicas pontuais de posicionamento dos instrumentos para que a atividade não estagnasse.

Contudo, a superação do choque inicial revelou uma assimetria profunda e um colapso estrutural na Organização Praxeológica dos estudantes em relação a um conceito central da Física: o vetor.

Enquanto uma parcela das equipes conseguiu mobilizar técnicas trigonométricas para tratar a superposição dos campos magnéticos, o rendimento do restante do grupo evidenciou um esvaziamento tecnológico severo em relação à natureza do problema. Observaram-se respostas que apenas esboçavam qualitativamente a natureza vetorial ou que descreviam a mudança de ângulo da bússola sem apresentar qualquer formulação matemática. O caso mais extremo ocorreu com uma equipe de altíssimo rendimento nas fases anteriores, que invocou o Raio da Terra em sua resolução — uma variável não fornecida e mecanicamente desconexa da atividade experimental proposta.

Sob a ótica da Teoria Antropológica do Didático, esse cenário exclui a hipótese de incapacidade ou nervosismo dos estudantes. O colapso evidencia a fragilidade da Relação Institucional (R_I) do Ensino Médio como um todo com o Objeto Vetor (O_{vetor}) fora do ambiente tradicional do quadro negro e em problemas didatizados de lápis e papel.

Para comprovar que esta lacuna é estrutural e não um acidente da fase final, realizou-se um cruzamento retrospectivo de dados. Retornou-se aos resultados da Prova Objetiva da Primeira Fase, visando analisar o desempenho exclusivo destas seis equipes finalistas na Questão 10, a única da prova que exigia operações clássicas bidimensionais com vetores.

Os dados longitudinais revelam um cenário estatístico elucidativo: de todas as seis equipes finalistas — a elite acadêmica do evento —, apenas uma havia assinalado o gabarito correto da Questão 10. Ou seja, equipes que demonstraram excelência e gabaritaram problemas complexos de cinemática de fluidos na Fase 3, lidando com grandezas escalares como volume e tempo, erraram a manipulação vetorial básica logo na etapa inicial de múltipla escolha.

Esse cruzamento de dados permite concluir que, embora o estudante consiga operar com maestria grandezas escalares algébricas, sua Relação Pessoal (R_P) com grandezas vetoriais é frequentemente restrita ao desenho ostensivo: uma seta no papel. Quando a Tarefa (T) exige que o vetor seja tratado como uma grandeza física palpável e espacial — passível de rotação em um goniômetro e superposição em uma bússola —, o bloco do logos (θ) colapsa.

Na tentativa de preencher o vazio deixado pela ausência da tecnologia correta, o estudante recorre a praxeologias alternativas (como o apelo injustificado ao raio da Terra), numa tentativa de manter a validade do Contrato Didático, sentindo a necessidade institucional de apresentar um modelo matemático, ainda que este não possua qualquer vínculo empírico com o fenômeno observado na bancada.

O Quadro 33 sistematiza as observações e o diagnóstico praxeológico desta etapa final experimental.

Quadro 33 – Síntese dos Diagnósticos Praxeológicos - Fase Final (Experimental)

Dimensão da Atividade	Natureza da Tarefa (T)	Diagnóstico Praxeológico Predominante
Reconhecimento Inicial	Engajamento com a atividade aberta e materiais não estruturados.	Choque inicial provocado pela ausência de roteiro algorítmico, mitigado pela renegociação do contrato didático (intervenção/dica da organização).
Modelagem Espacial	Superposição ortogonal de campos magnéticos (Uso de bússola e goniômetro).	Fluência tecnológica na manipulação vetorial e trigonométrica por parte de algumas equipes, em contraste com o colapso estrutural por ausência de significado físico (Relação Pessoal vazia com o objeto vetor) no restante da amostra.
Justificativa Teórica	Formalização do cálculo e explicação do fenômeno.	Tentativa de manter o contrato didático através de praxeologias alternativas (ex: uso injustificado do raio da Terra) para preencher a ausência do modelo vetorial correto.
Tratamento de Incertezas	Extração de dados do gráfico de calibração e minimização de erros.	Sucesso pleno das equipes que superaram a barreira vetorial, demonstrando proficiência extra ao adotar medidas iterativas e médias aritméticas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5 À GUIA DE CONCLUSÃO

Retomando a questão de pesquisa que norteou este trabalho, apresentada na introdução: “*Como elaborar questões para uma competição científica regional para estudantes de nível médio?*”, analisou-se, pela lente da TAD, que a resposta não está em simplesmente escolher tópicos mais difíceis do currículo ou aumentar o nível de exigência algébrica. Elaborar uma questão significa construir intencionalmente um MPR. É o momento em que o formulador define qual Relação Institucional (R_I) o estudante precisará mobilizar para resolver o problema.

A análise vertical das quatro fases da IMAFIS forneceu um diagnóstico claro: a instituição do Ensino Médio da amostra analisada prepara os alunos quase que exclusivamente para o bloco prático-técnico. As equipes demonstraram que sabem efetuar cálculos, isolar variáveis e traçar gráficos desde que sejam análogos aos problemas de lápis e papel consagrados pela tradição. No entanto, quando foram exigidos a modelar fenômenos - como o referencial da balança na fase 2 ou operar com vetores na fase final -, o bloco tecnológico-teórico não foi suficiente ou adequado. Isto é, a matemática necessária estava presente, mas faltava associações e interpretações que a justificasse e validasse.

Portanto, pode-se afirmar que a questão central desta pesquisa foi respondida de forma afirmativa. A possibilidade de elaborar um instrumento com grande potencial diagnóstico é verificada no panorama da prova objetiva, ilustrado no conjunto de dados e análises apresentados no capítulo precedente.

Ao garantir que o instrumento foi elaborado em conformidade aos pressupostos teóricos, consolida-se que os erros mapeados ao longo da competição não são falhas na proposição do mesmo, e sim o reflexo da maneira mecânica e fragmentada que esses conceitos são trabalhados dentro da instituição da escola de ensino médio, criando uma relação distante daquela institucional esperada. Por meio desta constatação, espera-se que ao realizar as próximas Maratonas seja possível inferir resultados mais expressivos e uma análise horizontal.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMOULOU, Saddo Ag. A Teoria Antropológica do Didático: opções metodológicas para a pesquisa em Didática da Matemática. *In: EDUCAÇÃO Matemática: perspectivas de pesquisas na perspectiva da escola francesa*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRAGA, Marcel Bruno Pereira. **Manual da Teoria Clássica dos Testes Aplicada a Testes Conceituais de Múltipla Escolha**. [S. l.], 2023.

BROUSSEAU, Guy. **Théorie des situations didactiques**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1998.

CHEVALLARD, Yves. Concepts fondamentaux de la didactique: perspectives apportées par une approche anthropologique. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 12, n. 1, p. 73–112, 1992.

CHEVALLARD, Yves. El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 19, n. 2, p. 221–266, 1999.

CHEVALLARD, Yves; BOSCH, Marianna; GASCÓN, Josep. **Estudiar matemáticas: el eslabón perdido entre la enseñanza y el aprendizaje**. [S. l.]: Biblioteca del Normalista de la SEP, 1998.

DUVAL, Raymond. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 7, n. 2, p. 266–297, 2012.

NOJOSA, Ronaldo Targino. Teoria da Resposta ao Item (TRI): modelos multidimensionais. **Estudos em Avaliação Educacional**, n. 25, p. 123–166, jun. 2002. DOI: 10.18222/eae02520022193. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/eae/article/view/2193>.

OLIVEIRA, Eliana de *et al.* Análise de conteúdo e pesquisa na área da educação. **Revista diálogo educacional**, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, v. 4, n. 9, p. 1–17, 2003.

VALLE, Paulo Roberto Dalla; FERREIRA, Jacques de Lima. Análise de Conteúdo na Perspectiva de Bardin: contribuições e limitações para a pesquisa qualitativa em educação. **Educação em Revista**, Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, v. 41, e49377, 2025. ISSN 0102-4698. DOI: 10.1590/0102-469849377. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-469849377>.

APÊNDICE A – Caderno de Questões da 2ª Fase



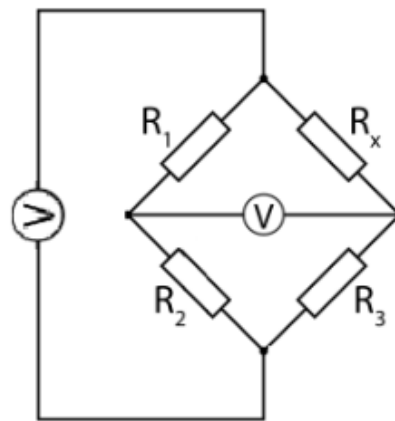
UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA - INFIS



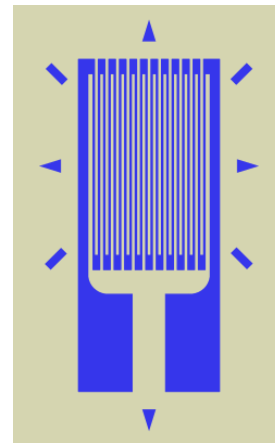
1ª Maratona de Física do Ensino Médio - 2ª Fase

Data: 05/09/2025

Balanças comuns funcionam usando um extensômetro, que é um circuito com pelo menos uma ponte de Wheatstone. Este circuito, disposto em losango, permite a medição de resistência elétrica com extrema precisão. A resistência elétrica do extensômetro varia de forma proporcional à deformação ε causada em sua superfície pelo peso aplicado ($\varepsilon = C \cdot F$), sendo F a intensidade da força peso aplicada e C a constante de proporcionalidade. A variação da resistência elétrica no extensômetro é detectada pela ponte, ocorrendo a conversão para a massa exibida no display.



Ponte de Wheatstone



Extensômetro

Joãozinho resolveu fazer um experimento com a balança de sua casa. Utilizando um multímetro, ele mediu a resistência elétrica do extensômetro ao adicionar massas conhecidas sobre a balança. Tomando cuidado de zerar a balança entre cada medida e utilizando objetos com massa de 1kg cada, registrou suas resistências correspondentes em uma tabela.

Número de objetos	Massa Total (Kg)	Resistência (Ω)
0	0	350
1	1	355
2	2	361
3	3	364
4	4	370
5	5	376
6	6	382

Da teoria, Joãozinho sabe que a variação da resistência ΔR é proporcional a deformação ε do extensômetro, conforme $\Delta R = K \cdot R_0 \cdot \varepsilon$; R_0 é a resistência inicial e K é o fator de calibração igual a 2.

Utilizando os dados obtidos por Joãozinho e a teoria:

a) Preencha a Tabela abaixo:

Força (N)	ΔR (Ω)

- b) Construa um gráfico no papel milimetrado de ΔR (Ω) por Força (N).
- c) Trace uma reta que melhor descreve o conjunto de pontos.
- d) Calcule o valor do coeficiente angular $\frac{\Delta R}{\Delta F}$, utilizando 2 pontos distintos e diferentes de zero.
- e) Com o coeficiente angular ache o valor da constante de proporcionalidade.

APÊNDICE B – Caderno de Questões da 3ª Fase



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA - INFIS



1ª Maratona de Física do Ensino Médio - 3ª Fase
Data: 05/09/2025

No processo de tratamento de água da cidade de Uberlândia, usa-se tanques cilíndricos idênticos, ambos com 20 metros de diâmetro e capacidade máxima de 6.000 m^3 . A altura inicial da água no Tanque A é 4 metros, e o Tanque B está inicialmente vazio.

Após 4 minutos, a altura da água no Tanque A é de 12 metros. O Tanque B enche duas vezes mais rápido que o Tanque A. Os tanques interrompem o enchimento ao atingirem sua capacidade máxima.

Sabendo que o volume de um cilindro é dado por: $V = \pi r^2 h$ (considere $\pi = 3$)

- Determine as taxas de enchimento dos tanques A e B.
- Construa uma tabela da altura da água em função do tempo. Indique o momento exato em que cada tanque atinge sua capacidade máxima.
- Construa um gráfico que represente a altura da água (em metros) em função do tempo (em minutos).
- Existe algum instante em que as alturas da água nos tanques são iguais? Se sim, qual esse instante?
- Escreva as equações matemáticas que descrevem a altura da água em função do tempo para cada tanque até atingirem sua capacidade máxima.
- A vazão Q indica quanto o volume de água muda por unidade de tempo. Com isso, calcule qual é a vazão de enchimento dos tanques A e B em m^3/min .



Figura extraída em 20/03/2025 no site
<https://educadora909.com.br/noticias/atualidades/dmae-realiza-obras-e-bairros-podem-ficar-sem-agua-em-uberlandia-slg-2/>

← **Clique aqui para retornar à leitura no Capítulo 4 (Análise da Fase 3)**

APÊNDICE C – Caderno de Questões da Fase Final



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA - INFIS



1ª Maratona de Física do Ensino Médio - Fase Final
Data: 05/09/2025

Antes da existência de sensores eletrônicos, os primeiros cientistas e navegadores precisavam de engenhosidade para medir as forças invisíveis da natureza. A bússola, por exemplo, informava apenas a direção do campo magnético terrestre na localidade em que estava seu usuário. Cientistas como Petrus Peregrinus, em 1269, começaram a modelar a Terra como uma esfera magnetizada (*terrella*), mas a determinação da *intensidade* do campo magnético permanecia um desafio.

Na atualidade, os ímãs de neodímio são muito utilizados para diversos fins. Uma das motivações para essa utilização foi o pico de produção de petróleo nos Estados Unidos, atingido em 1971, e os subsequentes choques no preço do petróleo em 1973 e 1979. Entre suas principais aplicações estão os geradores eólicos do tipo *direct-drive*, motores elétricos e discos rígidos.

Sua equipe recebeu um exemplar deste ímã e sua curva de calibração, na qual a origem da distância é fixada na borda da bússola. Além do ímã calibrado, vocês também terão à disposição uma bússola, uma folha com goniômetro e uma régua.

Determine a intensidade do campo magnético da Terra, considerando que os campos magnéticos possuem natureza vetorial e sabendo que:

Ângulo θ	$\text{sen}(\theta)$	$\text{cos}(\theta)$
30°	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
45°	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
60°	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$

Sendo $\sqrt{2} \approx 1,414$ e $\sqrt{3} \approx 1,732$

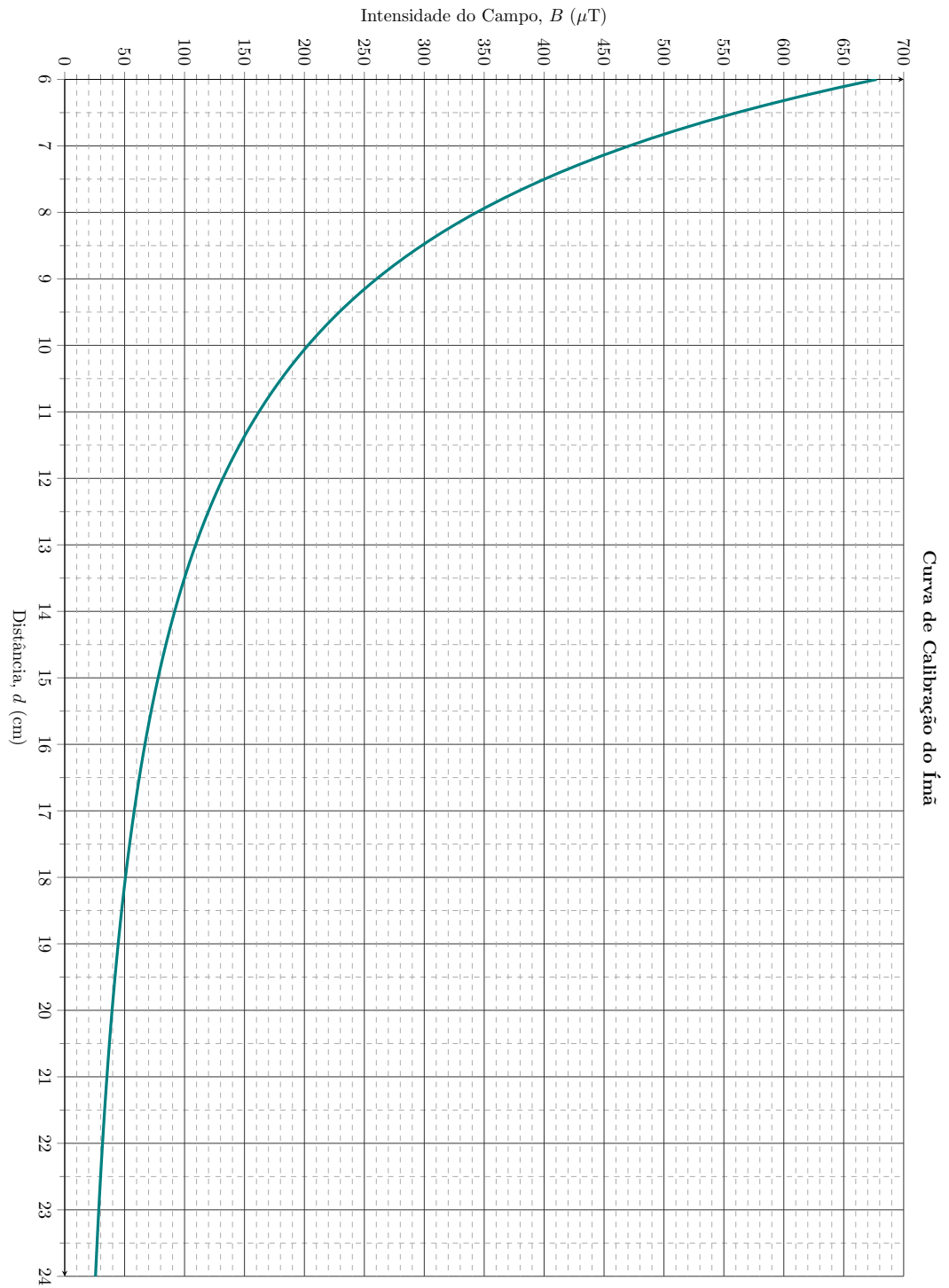


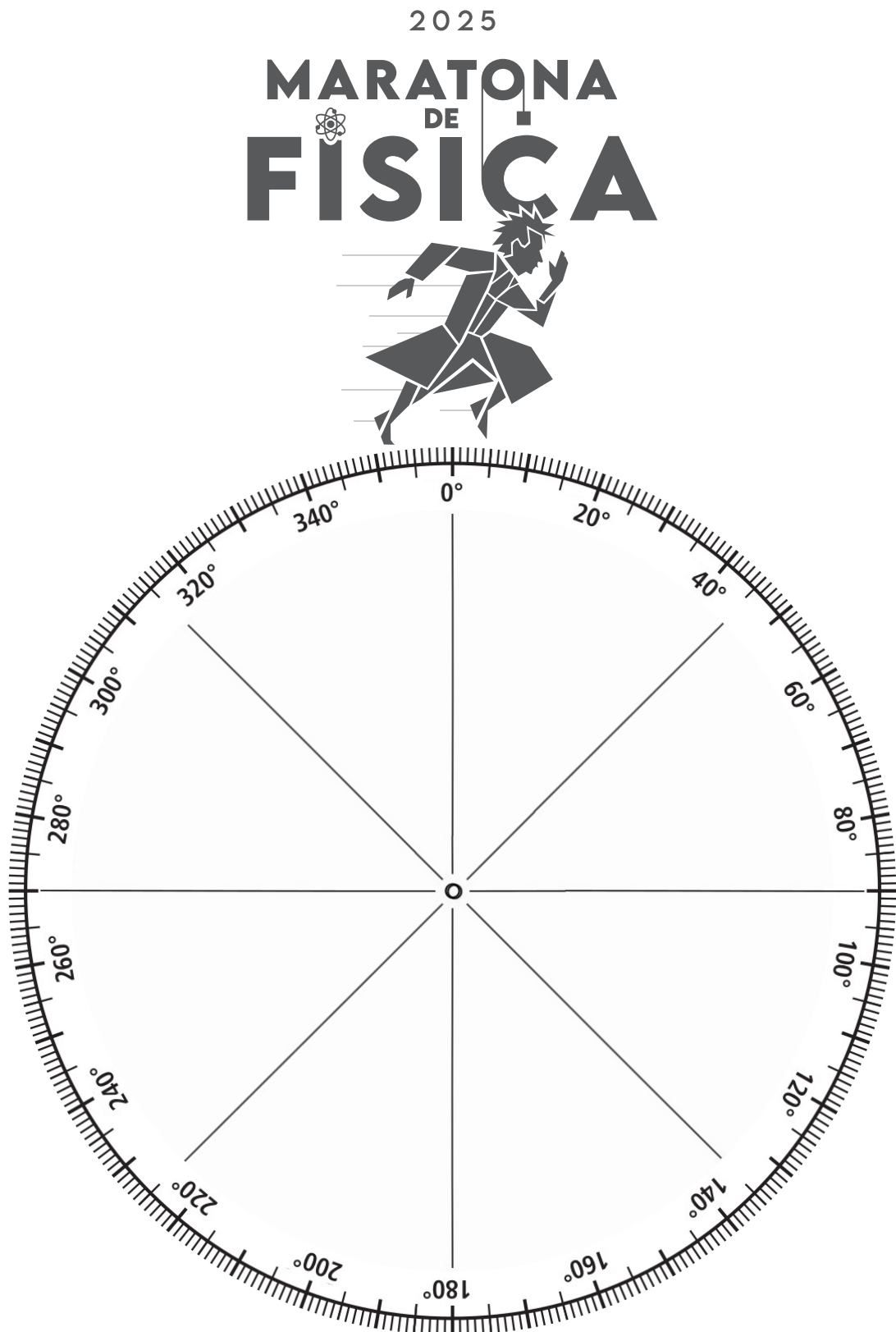
UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA - INFIS



1ª Maratona de Física do Ensino Médio - Fase Final

Data: 05/09/2025





← [Clique aqui para retornar à leitura no Capítulo 4 \(Análise da Fase Final\)](#)