VESTIBULAR
UNICAMP

20.26

PROVA COMENTADA

2ª FASE • CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
INTERDISCIPLINARES DE CIÊNCIAS HUMANAS
MATEMÁTICA
FÍSICA
QUÍMICA

INTERDISCIPLINARES DE CIÊNCIAS HUMANAS

A questão 1 da prova Interdisciplinar de Ciências Humanas se caracterizou por itens de nível médio, com comandos claros. No entanto, os candidatos demonstraram dificuldade em relação ao item b), que solicitava a vinculação da exploração comercial com o crescimento econômico de outras regiões, além da América, e o início do processo de globalização.

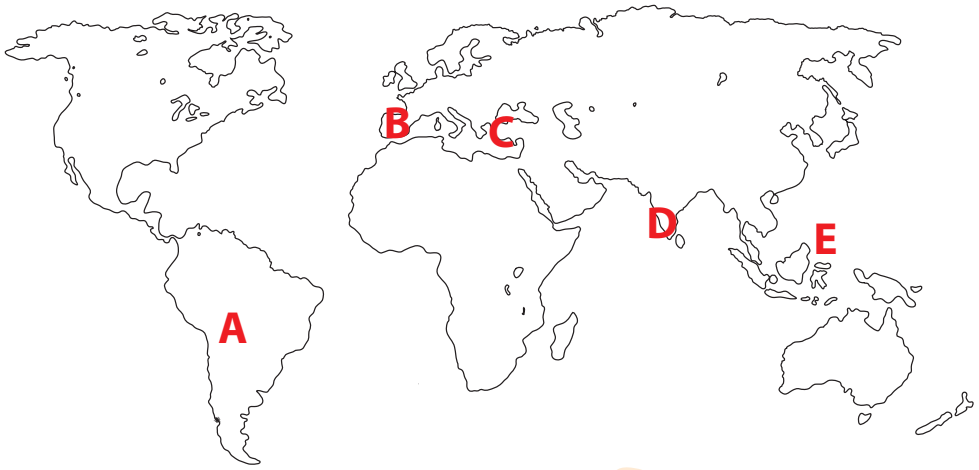
A questão 2 da prova Interdisciplinar de Ciências Humanas se caracterizou por itens classificados como de níveis médio e difícil pela banca elaboradora, respectivamente. Apesar de os comandos serem claros em relação a quais fatores (no ambiente escolar, primeiramente, e no que diz respeito a processos políticos e sociais), os exemplos e as explicações deveriam estar vinculados. Os candidatos tiveram dificuldade em reconhecê-los, mostrando que a maioria conseguiu analisar o passado recente, como o caso da pandemia de Covid-19, mas não as questões sociais, como o aumento da desigualdade social.

QUESTÃO 1

Em 1571, a fundação de Manila pelos espanhóis mudou o ritmo do comércio global. O assentamento logo se tornou uma metrópole e um importante ponto de conexão entre a Ásia e as Américas. Os bens, como especiarias e seda, começaram a se mover pelo Pacífico sem passar primeiro pela Europa. A prata era um dos bens que não pagava tributos nessa rota. A mina de Potosí, nos Andes, na atual Bolívia, mostrou ser a maior descoberta de jazida de prata da história, respondendo por mais da metade da produção global durante mais de um século. Mas não foi só na Europa que a fase áurea despontou. Grandes programas de construções foram empreendidos pelo mundo otomano, dos Bálcãs ao Norte da África. Na Índia, construíram o Taj Mahal, o monumento mais romântico do mundo. A glória da Europa e da Índia ocorreu às custas das Américas.

(Adaptado de FRANKOPAN, P. *O coração do mundo: uma nova história universal a partir da rota da seda*, o encontro do Oriente com o Ocidente. São Paulo: Planeta, 2019, p. 261-268.)

a) As marcações A, B, C, D e E, no mapa ao lado, remetem a localidades mencionadas no texto, que são importantes para a compreensão do contexto descrito no século XVI. Identifique, para cada letra, no espaço de resposta, as seguintes localidades: Calicute, Istambul, Manila, Madri e Potosí. Em seguida, responda: por que Manila tornou-se estratégica para o comércio da prata pelos espanhóis? Exemplifique como o ritmo do comércio global se alterou depois de sua fundação.



b) Explique a afirmação de Frankopan de que a "glória da Europa e da Índia ocorreu às custas das Américas", relacionando-a com o início da globalização dos mercados.

Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordado na questão:
Em História: História Moderna, Monarquia, História da América Latina, História do Brasil Colônia, Contato; em Geografia: Espaço e dinâmica econômica, Globalização e Geopolítica.

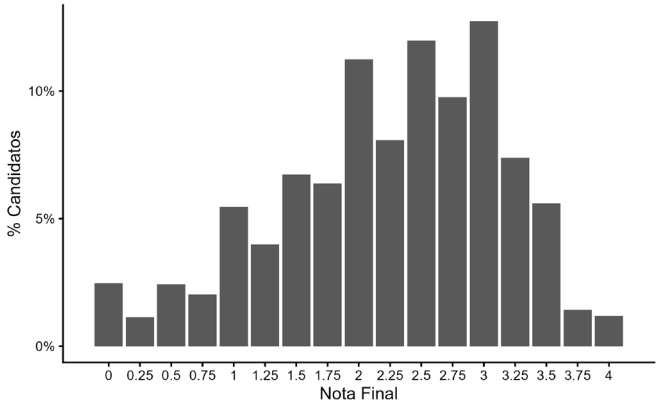
A questão tem como objetivo avaliar a compreensão do candidato de como a rota transpacífica de Manila, conectada à exploração das minas de Potosí, promoveu o enriquecimento europeu e asiático no século XVI, sobretudo conectando o exemplo ao início da globalização dos mercados.

Resposta Esperada

a) A-Potosí, B-Madri, C-Istambul, D-Calicute e E-Manila; Manila se tornou estratégica para o comércio dos espanhóis, pois permitia que a circulação da prata acontecesse entre o mercado asiático e o americano sem a necessidade de passar pelo continente europeu. Isso ocasionou mudanças no comércio global, uma vez que acelerou as trocas de produtos orientais e especiarias para a América.

b) É possível explicar a afirmação de Frankopan devido ao modelo mercantilista adotado pelos europeus; uma das características de sua manutenção é a exploração de metais preciosos, como prata e ouro, que contribuíram para o financiamento tanto das monarquias europeias, como das orientais, inclusive para a construção de suas arquiteturas monumentais, como o Taj Mahal, na Índia. Essa afirmação tem relação com o início da globalização, pois, se antes as trocas comerciais e culturais eram limitadas à movimentação pelo Atlântico e pelos continentes europeu e asiático, abriu-se pela primeira vez uma rede planetária de circulação de produtos e pessoas.

Desempenho dos Candidatos



As pontuações mais comuns atribuídas à questão 1 foram 2, 2,5 e 3. A banca considera que ter sido fácil para os candidatos ordenar as cidades indicadas e reconhecer o mercantilismo como um dos principais motivos da exploração da América ter beneficiado a Europa e a Índia.

Comentários Gerais

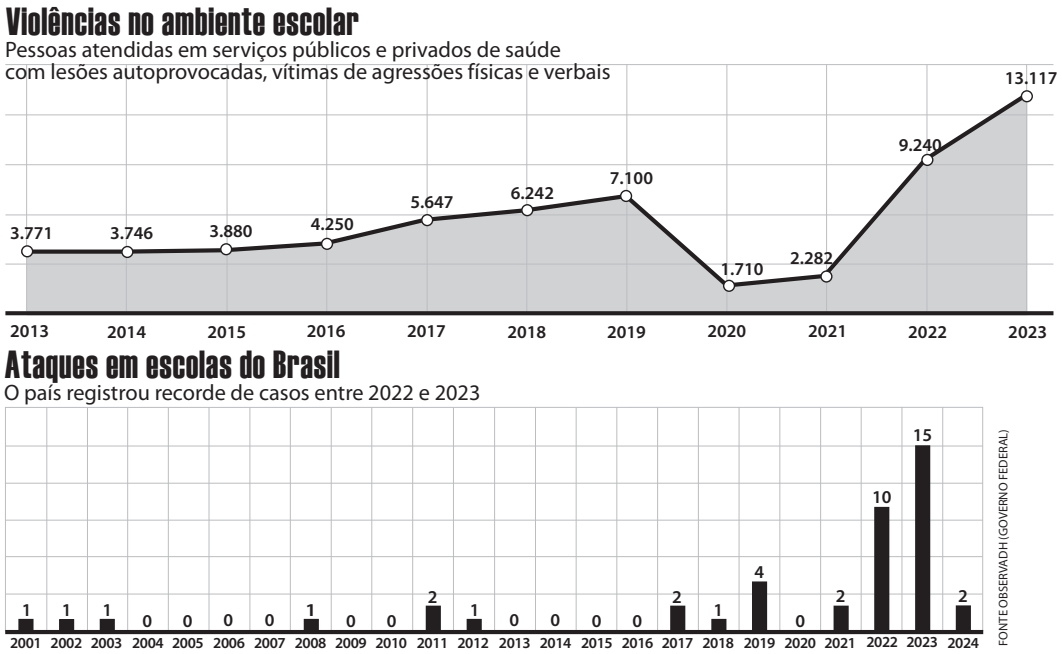
O principal acerto do(s) candidato(s) foi reconhecer a localização de cidades como Potosí, Madri e Calicute, além do mercantilismo como o sistema que, ao explorar a América, permitiu o enriquecimento da Europa e da Índia.

Os principais erros foram o não reconhecimento da localização de Istambul e Manila, além da dificuldade de explicar o motivo de Manila ter se tornado estratégica para o comércio espanhol; outro erro comum foi a não associação entre o mercantilismo e o início do processo de globalização.

A previsão inicial era de que o nível de dificuldade da questão seria mediano, o que se confirmou, como pode ser observado no gráfico. Também se confirmou a previsão de que a maior dificuldade estaria na exigência de que se fizesse uma análise crítica da exploração das Américas e do início da globalização e na falta de conhecimentos prévios espaço-geográficos e de conhecimento prévio sobre a importância de Manila no comércio do século XVI.

QUESTÃO 2

O Brasil enfrenta novo cenário de violência em instituições de ensino, marcado por uma escalada nos casos de agressões na comunidade escolar e pelos ataques a essas instituições. Dados da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo mostram que, entre 2019 e 2023, o número de ocorrências relacionadas ao sofrimento psíquico de alunos da rede estadual pulou de 117 para 3,1 mil. Outros dados referentes a essa violência são apresentados nos gráficos ao lado:



(Adaptado de QUEIROZ, C. "Violência escolar aumenta nos últimos dez anos no Brasil". In: *Revista Fapesp*. n. 350, S. Paulo: abril de 2025. Disponível em https://revistapesquisa.fapesp.br/violencia-escolar-aumenta-nos-ultimos-10-anos-no-brasil/. Acesso em 15/10/2025.)

a) O crescimento de 117 para 3,1 mil casos de sofrimento psíquico nas escolas paulistas, entre 2019 e 2023, aponta para a existência de um problema a ser discutido pela sociedade. Cite e explique dois exemplos de sofrimento psíquico entre estudantes no ambiente escolar.

b) Descreva o que os gráficos informam sobre a violência escolar em três períodos (até 2019, 2020–2021 e depois de 2022). O que aconteceu no Brasil nos mesmos períodos? Em seguida, relacione os processos sociais e políticos à evolução dos números apresentados.

Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordado na questão:
História do Brasil República, Desenvolvimentismo. Espaço e dinâmica econômica. Redes e Fluxos. Estado e Governo.

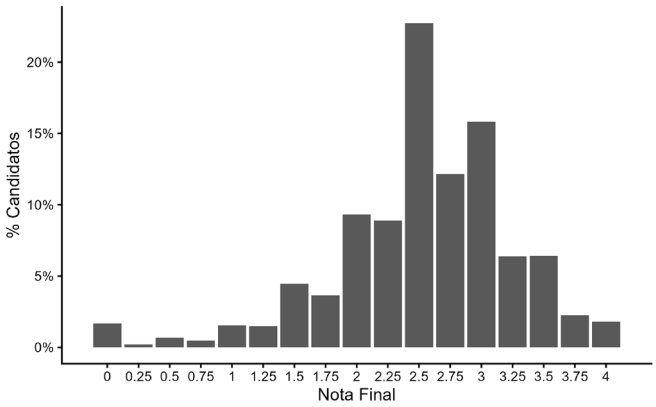
A questão tem como objetivo compreender as causas das violências psíquicas escolares e seu aumento na história recente do país, associados à ascensão dos discursos de ódio, à ampliação do uso das redes sociais e ao aumento das desigualdades
Ela se correlaciona com as disciplinas de História, Geografia e também com com Matemática, dada a necessidade de leitura de gráficos.

Resposta Esperada

a) Alguns sofrimentos psíquicos percebidos no ambiente escolar são: a depressão, devido ao *bullying* ou a outras formas de violência motivadas por preconceitos relacionados a sexualidade, gênero, deficiência, por exemplo. O *bullying* também que pode levar à automutilação e ansiedade. Esses sofrimentos psíquicos podem ser decorrentes também de pressões por desempenho escolar e a busca por adequação a padrões estéticos inalcançáveis. Essas questões se agravam devido ao aumento do uso de redes sociais, que amplia o acesso a discursos de ódio e de políticas extremistas.

b) De acordo com os gráficos, é possível observar certo aumento nos registros de ataques a escolas entre os anos de 2001 a 2018; entretanto, em 2019, esse aumento é mais intenso. Isso acontece devido ao discurso extremista adotado nas eleições de 2018 e à polarização política, que culminou na eleição de um governo marcado por falas radicais e violentas. O registro de ataques a escolar decai drasticamente entre 2020 e 2021, período da pandemia de COVID-19, devido à necessidade de , que implicou o fechamento das escolas. Após 2022, os registros crescem em número recorde, devido à retomada das aulas presenciais.

Desempenho dos Candidatos



A questão 2 teve alto índice de acerto. A banca acredita que isso se deva à facilidade de identificação de exemplos de sofrimento psíquico e também à facilidade de compreensão do gráfico. No entanto, houve maior dificuldade em explicar as causas desse sofrimento e os processos políticos e sociais envolvidos no aumento dessa violência.

Comentários Gerais

Os acertos comuns dos candidatos no item a) foram: causas como bullying/cyberbullying, ansiedade e depressão. Já no item b) foram: Reconhecimento de baixa crescente, crescente significativa, decrescente e crescente significativa novamente nos respectivos períodos: 2001-2018, 2019, 2020-2021, 2022-2024. Reconhecimento da queda brusca no número de ataques relacionada ao isolamento social.

Os erros comuns dos candidatos no item a) foram: não associar o sofrimento psíquico às questões escolares, conforme solicitado no enunciado. Já no item b) foram: não conseguir reconhecer o aumento e a diminuição de ataques no gráfico e não associar esses aumentos às questões políticas e sociais, somente à saúde.

A questão foi considerada difícil, já que era necessário acessar habilidades de leitura gráfica associadas ao contexto histórico e crítica social.

MATEMÁTICA

O objetivo da prova de Matemática do Vestibular da Unicamp é avaliar o conhecimento dos candidatos sobre o conteúdo da área que eles aprenderam no Ensino Fundamental e Médio, com base no Programa do Vestibular, com a finalidade de completar as vagas dos cursos oferecidos pela Unicamp.

A prova da Unicamp demanda que o candidato utilize seus conhecimentos de forma contextualizada e integrada, ao invés de exigir fórmulas decoradas. Algumas questões foram mais técnicas e outras contextualizadas, exigindo análise de gráficos e tabelas. As questões foram originais, apresentaram enunciados objetivos, e abordaram mais de um tópico do programa.

A estrutura da 2ª fase no VU2026 tem sido a mesma desde o VU2024:

- Candidatos a cursos das áreas de Ciências Humanas e Artes fizeram quatro questões de matemática, que iremos denotar por A, B, C, D.
- Candidatos a cursos das áreas de Ciências Biológicas e Profissões de Saúde fizeram quatro questões de matemática, que iremos denotar por A, X, Y, Z (a primeira questão foi comum a todos os candidatos).
- Candidatos a cursos das áreas de Ciências Exatas, Tecnológicas e da Terra fizeram seis questões de matemática, que iremos denotar por A, X, Y, Z, K, L (a primeira questão foi comum a todos os candidatos; as quatro primeiras são exatamente as questões feitas pelos candidatos das áreas de Ciências Biológicas e Profissões de Saúde).

A prova elaborada para candidatos aos cursos de ciências exatas, tecnológicas e da terra teve 6 questões, sendo as duas últimas exclusivas para candidatos a estes cursos. Estas questões extras envolviam conceitos de matemática numa forma mais abstrata, que é a forma como os candidatos terão de tratar este conhecimento após seu ingresso na universidade.

A nota média dos candidatos na prova de matemática foi de 8,7 (num total de 24, ou seja, média de 36%), com um desvio padrão de 5. A próxima figura mostra a distribuição das notas, considerando os candidatos que fizeram a prova.

QUESTÃO 3

Por que você quase sempre vai perder dinheiro com *bets*, segundo a matemática.

"Eu conheço uma pessoa que vive só de *bets*", "eu vejo muito futebol e quase sempre acerto o vencedor", "é só estudar bastante, que você vai conseguir ganhar". Essas são frases comuns ditas hoje em dia em conversas de bar, redes sociais ou até mesmo em canais de internet dedicados a apostas esportivas. Mas a realidade do mundo das apostas é muito diferente, segundo matemáticos e especialistas que estudam o fenômeno. A grande maioria inevitavelmente vai perder dinheiro se continuar apostando. É só uma questão de tempo.

(Adaptado de GALLAS, D. *BBC News*. 30/11/2024.)

Para entender as *bets*, primeiro é preciso entender o que são as *odds*. As *odds* expressam quanto cada apostador ganhará caso sua aposta seja vencedora e podem ser expressas no formato decimal ou no formato britânico.

Uma *odd* britânica de 7|4 indica que, para cada 4 reais apostados, o apostador terá um retorno de 7 reais, além dos 4 reais apostados, em caso de acerto. Ou seja, o retorno total será de 11 reais.

Uma *odd* decimal de 2,75 indica que o retorno total será 2,75 vezes o valor apostado. Ou seja: uma aposta de 4 reais que é vencedora com essa *odd* dá um retorno total de 11 reais.

Caso a aposta seja perdedora, o jogador perde todo o valor apostado.

a) O *site* ComBet apresenta suas *odds* na forma britânica e o site BetCamp apresenta suas *odds* como decimais. Para um mesmo jogo, a *odd* correspondente à vitória de um time é de 5|3 na ComBet e de 1,5 na BetCamp. Qual dos sites está pagando mais pela vitória do time? Justifique.

b) Uma pessoa fez 10 apostas de 100 reais cada em eventos cujas *odds* decimais são todas iguais a 1,1. Das dez apostas, ganhou em 9. Ela teve lucro ou prejuízo? De quanto? Justifique.

Objetivo da Questão

A questão avalia os conhecimentos dos candidatos tanto em contagem/probabilidade (na parte a) quanto em geometria plana (na parte b).

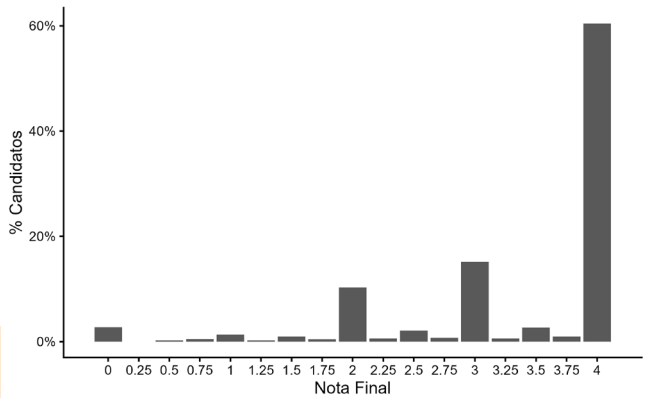
Resposta Esperada

a) No site Combet, para uma aposta de valor x, o retorno total é de $x + (5/3)x = 8x/3$.
Já no site BetCamp, para uma aposta no valor de x, o retorno total é de $1{,}5x = 3x/2$.
Como $8/3 > 3/2$, o site que paga mais pela vitória é o Combet.

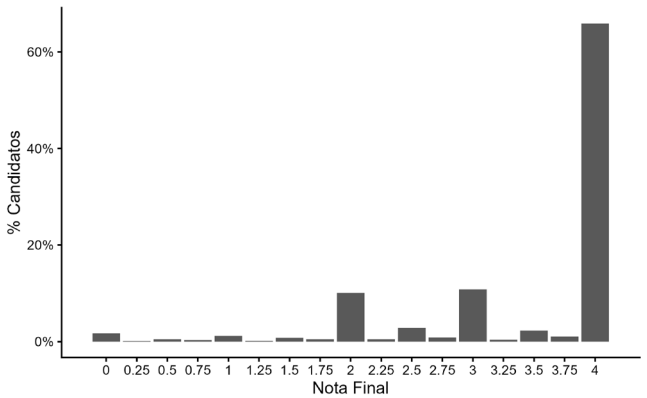
b) Como a pessoa ganhou 9 apostas, cada uma de R$ 100,00 e uma odd de 1,1, o retorno total foi de R$ 110,00 por aposta, totalizando R$ 990,00. Como o total apostado foi de R$ 1.000,00, a pessoa teve um prejuízo de R$ 10,00.

Desempenho dos Candidatos

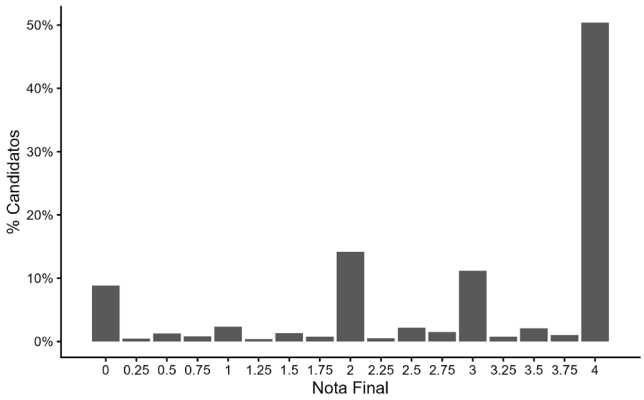
Essa questão foi comum a todas as provas. Dessa forma,podemos comparar o desempenho dos candidatos das várias áreas. Os gráficos abaixo ilustram o desempenho dos candidatos das várias áreas.



Ciências Biológicas e Saúde



Ciências Exatas e Tecnológicas



Ciências Humanas e Artes

No geral, o desempenho dos candidatos na questão 3 foi muito bom. Dentre os candidatos de cursos de exatas e tecnológicas, 65% dos candidatos obtiveram 4 pontos na questão. Dentre os candidatos de cursos de biológicas e área da saúde, 60% tiveram nota 4. Já entre os candidatos a cursos de área de ciências humanas e artes, 50% dos candidatos ficaram com nota 4. As notas intermediárias 2 e 3 aparecem em quantidade similares nas três áreas. O percentual de zeros foi baixo em exata e biológicas e se aproximou de 10% em humanas.

Comentários Gerais

A questão 3 (a primeira da prova de matemática) era comum nas provas de todos os candidatos e versava sobre um conteúdo atual (as bets). Os cálculos exigidos pela questão eram simples e demandavam a leitura atenta do enunciado.

Para a questão 3, apresentamos um comparativo entre notas médias dos candidatos a cursos de diferentes áreas.

	Humanas	Biológicas	Exatas
Média (a)	1,5	1,7	1,7
Média (b)	1,5	1,7	1,8
Média	3,0	3,4	3,4

Destacamos que as notas dos candidatos dos cursos de ciências biológicas e áreas da saúde são semelhantes às notas dos candidatos dos cursos de exatas. Já a nota média dos candidatos de cursos de humanas é artes é inferior.

QUESTÃO 4

Considere o gráfico da parábola $y = x^2/4$, a reta r dada por $y = -1$ e o ponto $A = (0,1)$. Seja P um ponto qualquer da parábola e Q o ponto de interseção da reta r com uma reta perpendicular à reta r que passa pelo ponto P.

a) Mostre que a distância entre P e A é igual à distância entre P e Q.

b) Encontre o(s) ponto(s) P tais que o triângulo APQ é equilátero.

Objetivo da Questão

A questão envolve conhecimentos de geometria plana e também de geometria analítica, além de entender como é o gráfico de uma parábola. O assunto é cobrado com regularidade no vestibular da Unicamp.

O candidato deve conseguir construir o gráfico de uma função polinomial a partir de sua descrição algébrica e analisar distâncias e propriedades de segmentos e triângulos definidos a partir do gráfico do polinômio.

Resposta Esperada

a) Sejam $A = (0,1)$, $P = (x, x^2/4)$ e $Q = (x,-1)$.

Dados dois pontos (a, b) e (c, d), a distância entre eles é dada por

$$d = \sqrt{(a-c)^2 + (b-d)^2}.$$

Vamos calcular as distâncias entre P e Q, e entre A e P, e mostrar que são iguais.

A distância de P até Q é dada por

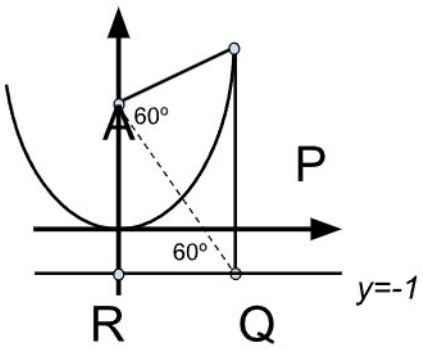
$$d(P,Q) = 1 + x^2/4.$$

A distância de A até P é dada por

$$D(A,P) = \sqrt{(x-0)^2 + (x^2/4-1)^2} = \sqrt{x^2/2 + x^4/16 + 1} = \sqrt{(x^2/4+1)^2} = x^2/4 + 1,$$

Portanto, as distâncias são iguais.

b) Se o triângulo APQ é equilátero, então o ângulo RAQ mede 60 graus e o ângulo AQR mede 30 graus, conforme ilustrado a seguir, onde $R = (0,-1)$. A distância de A até Q é $d = \sqrt{4 + x^2}$.

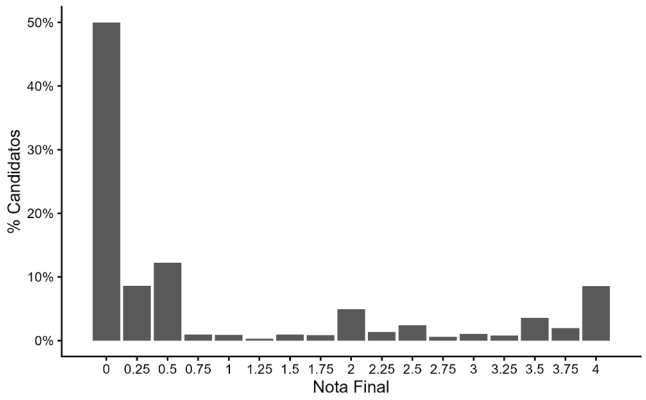


Assim, temos que

$$1/2 = sen(30) = 2/\sqrt{4 + x^2}$$

ou seja, $4 + x^2 = 16$ e daí $x = \pm 2\sqrt{3}$. Portanto, os pontos são $(2\sqrt{3},3)$ e $(-2\sqrt{3},3)$.

Desempenho dos Candidatos



Para os candidatos de exatas e tecnológicas, a questão foi considerada difícil, com discriminação excelente. A questão teve cerca de 50% de notas iguais a zero.

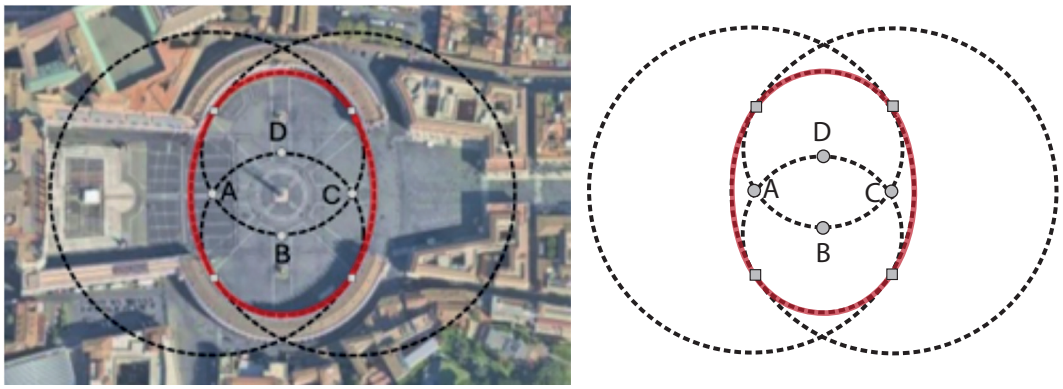
Para candidatos de biológicas e áreas da saúde, a questão foi considerada média, também com discriminação excelente. A questão teve cerca de 30% de notas iguais a zero.

Comentários Gerais

O conteúdo abordado é muito importante. A capacidade de estudar propriedades de gráficos a partir da expressão analítica da função é fundamental para o bom desempenho dos candidatos em seus cursos superiores. Além disso, são conhecimentos muito abordados no ensino médio. Na correção ficou claro que os candidatos tinham muita dificuldade em conseguir transformar as informações em um gráfico.

QUESTÃO 5

Na arquitetura, uma "oval" é uma figura formada por dois pares de arcos de circunferência com raios distintos. Esses arcos se conectam nos pontos de tangência entre as circunferências.
(Adaptado de Oval. *Wikipedia*)



(Imagem adaptada de Google Maps. Acesso em 08/09/2025.)

A Praça de São Pedro, no Vaticano, concebida pelo renomado artista italiano Gian Lorenzo Bernini, é um exemplo notável do uso desse formato na arquitetura. As duas circunferências menores têm o mesmo raio, e o mesmo acontece com as duas circunferências maiores. Os centros das duas circunferências menores (pontos B e D) estão situados nos chamados "centro del colonnato", distam 65 metros um do outro e o centro de uma circunferência está contido na outra circunferência, e vice-versa. Os centros das circunferências maiores (pontos A e C), por sua vez, estão posicionados nas interseções das circunferências menores, conforme ilustrado na imagem. Os centros das quatro circunferências formam um losango ABCD.

a) Calcule a área do losango ABCD.

b) Calcule o perímetro da oval (curva em vermelho na imagem).

Objetivo da Questão

A questão apresenta uma contextualização histórica das "ovais" e solicita que o candidato faça uma análise matemática desse objeto. O candidato deve calcular a área e o perímetro de figuras planas determinadas por pontos localizados nas ovais presentes na Praça de São Pedro. O candidato precisa usar seus conhecimentos de geometria plana para conseguir fazer a questão.

Resposta Esperada

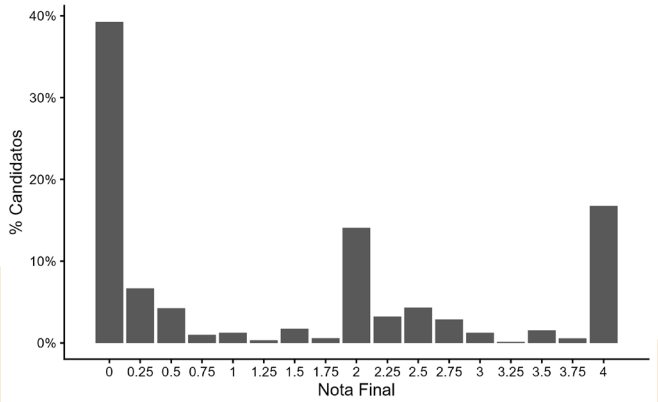
a) A distância entre D e B é o raio das circunferências menores, que mede 65 m. A área do losango $ABCD$ é o dobro da área do triângulo ADB. Portanto:

$$A_{ABCD} = 2 \cdot A_{ABD} = \frac{2r^2\sqrt{3}}{4} = \frac{65^2\sqrt{3}}{2} = \frac{4225\sqrt{3}}{2} \approx 2112{,}5 \cdot \sqrt{3}.$$

b) O perímetro é obtido percorrendo alguns trechos das circunferências menores e alguns trechos das circunferências maiores. Se R é o raio da circunferência maior e r o raio da circunferência menor (note que R=2r), temos:

$$p = 2\left(\frac{2\pi r}{6} + \frac{2\pi R}{6} + \frac{2\pi r}{6}\right) = \frac{520\pi}{3} \approx 173{,}3 \cdot \pi.$$

Desempenho dos Candidatos



A questão foi considerada difícil para os candidatos de exatas e muito difícil para os candidatos de biológicas. O percentual de zeros foi alto, cerca de 40% para cada uma das áreas.

Comentários Gerais

A questão exige a leitura atenta do enunciado e o entendimento das distâncias informadas. O candidato não precisavam refazer a figura, mas isso poderia ajudar a resolver a questão. Uma vez tendo as medidas, os cálculos são simples.

QUESTÃO 6

Sejam b e d números positivos distintos de 1 e considere o sistema linear nas variáveis x e y:

$$(\log_b 2)x + (\log_4 b)y = k$$
$$(\log_d 4)x + (\log_2 d)y = 0$$

a) Para $k = 1$, $b = 2$ e $d = 4$, determine x e y.

b) Para $k = 0$, determine para quais valores de b e d o sistema admite infinitas soluções.

Objetivo da Questão

A questão trata de sistemas lineares e de logaritmo. O objetivo é resolver o sistema (em (a)) e determinar condições para que ele tenha infinitas soluções (em (b)). O conteúdo é muito visto no ensino médio.

Resposta Esperada

a) Para $k = 1$, $b = 2$ e $d = 4$, obtemos o sistema

$$(\log_2 2)x + (\log_4 2)y = k,$$
$$(\log_4 4)x + (\log_2 4)y = 0,$$

ou seja

$$x + (1/2)y = 1,$$
$$x + 2y = 0.$$

Resolvendo o sistema, obtemos $x = 4/3$ e $y = -2/3$.

b) Para $k = 0$ obtemos o sistema homogêneo

$$(\log_b 2)x + (\log_4 b)y = 0,$$
$$(\log_d 4)x + (\log_2 d)y = 0.$$

Da primeira equação obtemos

$$x = -(\log_4 b)y / (\log_b 2).$$

Substituindo na segunda equação, temos

$$-(\log_d 4)\cdot y(\log_4 b) / (\log_b 2) + (\log_2 d)y = 0,$$

e portanto

$$y(-(\log_d 4)(\log_4 b) / (\log_b 2) + (\log_2 d)) = 0,$$

O sistema terá infinitas soluções caso o coeficiente de y seja igual a zero. Portanto, precisamos que

$$-(\log_d 4)(\log_4 b) / (\log_b 2) + (\log_2 d) = 0,$$

o que nos dá

$$(\log_d 4)(\log_4 b) = (\log_b 2) + (\log_2 d). \quad (*****)$$

Passando todos os logaritmos para o logaritmo natural (base e), obtemos

$$\frac{In(4)}{In(d)} \cdot \frac{In(b)}{In(4)} = \frac{In(d)}{In(2)} \cdot \frac{In(2)}{In(b)},$$

o que nos dá

$$(In(b))^2 = (In(d))^2$$

ou

$$\left(\frac{In(b)}{In(d)}\right)^2 = 1.$$

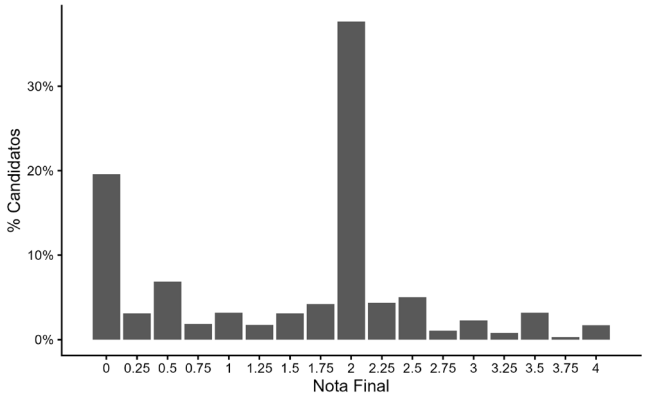
Com isso,

$$\frac{In(b)}{In(d)} = \pm 1.$$

e

$$b = d \text{ ou } b = 1/d.$$

Desempenho dos Candidatos



Os candidatos tiveram um bom desempenho na questão. Em biológicas, ela foi classificada como uma questão média em termos de nível de dificuldade, com excelente índice de discriminação. Em exatas, ela foi considerada uma questão difícil, com ótimo índice de discriminação.

Comentários Gerais

O conteúdo é bastante abordado no Ensino Médio. Os conhecimentos de logaritmo exigidos pela questão são muito elementares, se restringindo a propriedades simples e mudança de base. Entender propriedades de logaritmos é essencial a candidatos de biológicas e exatas.

QUESTÃO 7

Dizemos que uma função não-constante $f(x)$ é periódica se existe $T > 0$ tal que $f(x) = f(x + T)$ para todo número x real.

a) A função $h(x) = \cos(5x) + \operatorname{sen}(x/7)$ é periódica? Justifique.

b) A função $p(x) = x^2 - 1$ é periódica? Justifique.

Objetivo da Questão

A questão aborda o conceito de periodicidade de função. Apesar da definição de função periódica ser vista no Ensino Médio, a questão apresenta novamente a noção e exige que o candidato decida se certas funções são ou não periódicas.

Resposta Esperada

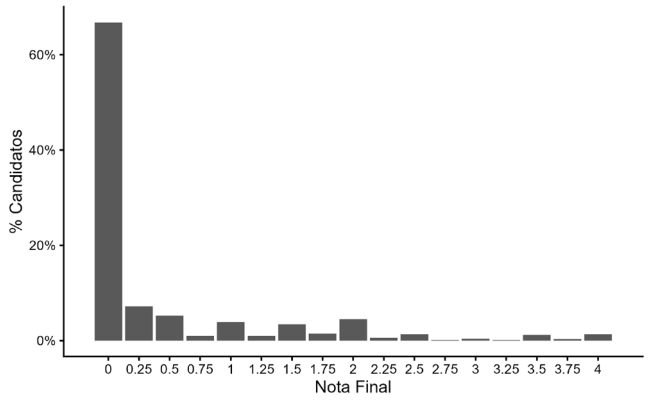
a) A função é periódica. Note que:

$h(x + 14\pi) = \cos(5(x + 14\pi)) + \sin((x + 14\pi)/7) = \cos(5x + 70\pi) + \sin(x/7 + 2\pi) = \cos(5x) + \sin(x/7) = h(x)$.

Portanto, existe $T > 0$ tal que $h(x) = h(x + T)$ para todo número real x.

b) A função não é periódica. Note que $p(0) = -1$ e $p(0 + T) = T^2 - 1$. Para que estes valores sejam iguais, devemos ter $-1 = T^2 - 1$, ou seja, $T = 0$. Como o período precisa ser positivo, a função não é periódica.

Desempenho dos Candidatos



A questão foi considerada muito difícil, com índice de discriminação marginal. A quantidade de zeros na questão foi bem alta.

Comentários Gerais

A noção de função periódica é algo fundamental em matemática superior. O desempenho dos candidatos não foi bom, o que mostra que o conceito precisa ser explorado nas aulas do Ensino Médio.

QUESTÃO 8

Considere A uma matriz $2x2$ com entradas reais e denote por Id a matriz identidade $2x2$, isto é:

$$\mathrm{Id} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

a) Supondo que todas as entradas de A sejam **números inteiros não negativos**, encontre todas as possibilidades de A de modo que $A^2 = \mathrm{Id}$. Justifique.

b) Seja B uma matriz 2×2 tal que $B \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ e $B \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$. Calcule .

Notação: B^{-1} denota a matriz inversa de B.

Objetivo da Questão

O objetivo da questão é trabalhar com sistemas lineares e matrizes, de um ponto de vista teórico, sem contextualização envolvida. As matrizes são 2x2, o que permite que a questão seja trabalhada tanto utilizando explicitamente sistemas lineares quanto utilizando propriedades de matrizes.

Resposta Esperada

a) Considere a matriz $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$. Então

$$A^2 = \begin{pmatrix} a^2 + bc & ab + bd \\ ca + cd & cb + d^2 \end{pmatrix}.$$

Queremos que

$$\begin{pmatrix} a^2 + bc & ab + bd \\ ca + cd & cb + d^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Portanto:

$$\begin{aligned} a^2 + bc &= 1, \\ cb + d^2 &= 1, \\ ab + bd &= 0 \text{ e} \\ ca + cd &= 0. \end{aligned}$$

Da 3ª equação, $b(a + d) = 0$, portanto, $b = 0$ ou $a = -d$.

Se $b = 0$ então $a^2 = 1$, $d^2 = 1$. Como são ambos positivos, precisa ser $a = 1$ e $d = 1$. Substituindo na última equação, obtemos $c = 0$. Portanto, obtemos a matriz

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Por outro lado, se $a = -d$, como a,d precisam ser não-negativos, temos que $a = d = 0$. Logo, $bc = 1$. Como ambos precisam ser não-negativos, temos que $b = c = 1$, obtemos a matriz

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

b) Como

$$B \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} e\ B \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix},$$

temos que

$$B^{-1} \cdot B \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = B^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ e } B^{-1} \cdot B \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} = B^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix},$$

ou seja,

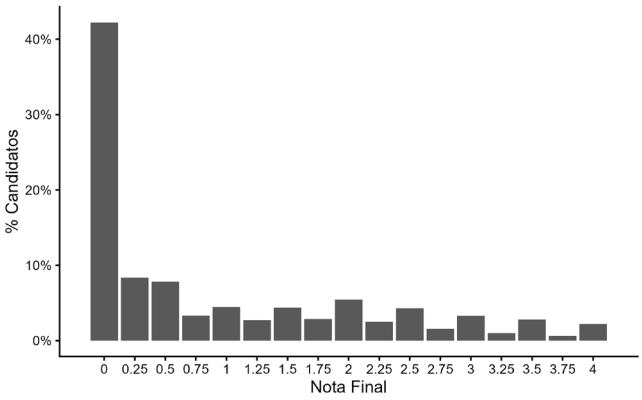
$$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = B^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ e } \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} = B^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Portanto:

$$B^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \end{pmatrix} = B^{-1} \cdot \left[\begin{pmatrix} 0 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} \right] = 6 \cdot B^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} + 2 \cdot B^{-1} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = 6 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} + 2 \begin{pmatrix} 3 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 \\ 14 \end{pmatrix}.$$

Obs.: $B = \begin{pmatrix} 2/5 & -1/5 \\ -1/5 & 3/5 \end{pmatrix}$, $B^{-1} = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$, $\det(B) = 5$.

Desempenho dos Candidatos



A questão teve 40% de notas zero. As outras notas seguiram uma distribuição bastante uniforme. A questão foi considerada difícil, com ótimo índice de discriminação.

Comentários Gerais

Apesar do índice de nota zero, o que pode também ser explicado por ser a última questão da prova de matemática, avaliamos como positivo o retorno do conteúdo de matrizes para o programa. Na correção, percebeu-se que os candidatos conseguiram trabalhar bem o tema.

FÍSICA

O objetivo da prova de Física da Unicamp é avaliar os conhecimentos dos candidatos no que tange aos conceitos fundamentais dessa área, além de sua capacidade de aplicar esses conceitos na análise de dados, gráficos, tabelas e na manipulação de expressão matemáticas e fórmulas físicas conectadas com fatos científicos ou do cotidiano apresentados nos enunciados. Espera-se que os candidatos sejam capazes de realizar uma leitura atenta e interpretar corretamente figuras, esquemas, gráficos e tabelas. O conteúdo abordado foi contextualizado com acontecimentos atuais, do cotidiano e avanços científicos e tecnológicos, tais como as pesquisas com o suposto Planeta 9, o estudo de propriedades térmicas de materiais, o uso de LEDs e carros elétricos, além da aplicação da técnica de *Bend* na guitarra elétrica.

As questões trouxeram temas envolvendo conceitos básicos de termodinâmica, que foram aplicados ao estudo das propriedades térmicas de materiais. Também foram abordados os conceitos de cinemática, de impulso de uma força, em uma questão que exigia do candidato a estimativa da massa de um carro.

O tema do estudo do Planeta 9 explorou os conteúdos de força gravitacional e as Leis de Kepler. Já a questão sobre da técnica do *Bend* abordou equilíbrios de forças associados a conceitos de ondulatória, enquanto a questão sobre o uso dos LEDs, explorou as habilidades de interpretação de um texto de Física Moderna e aplicação dos conhecimentos do comportamento dos raios luminosos ao atravessar um prisma.

Como novidade para o Vestibular de 2026, a prova de Física trouxe questões com perguntas divididas em subitens com o intuito de guiar o candidato através da solução e também melhor a distribuição de notas, tendo como resultado um excelente impacto.

De maneira geral, a estratégia da prova em integrar conceitos teóricos com exemplos práticos e atuais com noções de ordem de grandeza (estimativa), não apenas avalia o conhecimento técnico dos candidatos, mas também sua capacidade de aplicar a física em diferentes contextos, mostrando como essa ciência é fundamental para compreender a natureza como também proporcionar avanços científicos e tecnológicos para a humanidade.

QUESTÃO 9

Os carros elétricos são veículos movidos por motores elétricos e baterias recarregáveis, eliminando a necessidade de combustíveis fósseis e reduzindo emissões poluentes. Esses veículos têm baixo custo de manutenção e tecnologia avançada. Apesar de desafios como tempo de recarga e infraestrutura limitada, sua popularidade cresce graças a benefícios ambientais e eficiência energética.

a) A tabela A apresenta a velocidade de um carro nos instantes iniciais de um percurso, em linha reta, em que ele parte do repouso de uma posição $s_0 = 0$.

(i) No gráfico do espaço de respostas, represente todos os dados da tabela;

(ii) Ainda nesse gráfico, trace uma linha passando pelos pontos que representa a velocidade do carro em função do tempo considerando que a aceleração do carro é constante entre cada par de pontos da tabela;

(iii) Qual era a posição $s(t)$ do carro em $t = 10$ s?

Tabela A

tempo t (s)	velocidade v (m/s)
0	0,0
3	4,5
6	9,0
9	13,5
12	18,0
15	18,0

b) Em um teste de segurança para avaliar a resistência da bateria em colisões, um carro elétrico, com velocidade inicial $v_0 = 90$ km/h, colide com um obstáculo, atingindo a parada total ao final do impacto, que tem duração $\Delta t = 0{,}2$ s. Considerando esses dados:

(i) Estime um valor razoável para a massa total m_T do carro;

(ii) Calcule o módulo I do impulso recebido pelo carro até parar;

(iii) Encontre o módulo F_m da força média que atua sobre o carro durante o impacto.

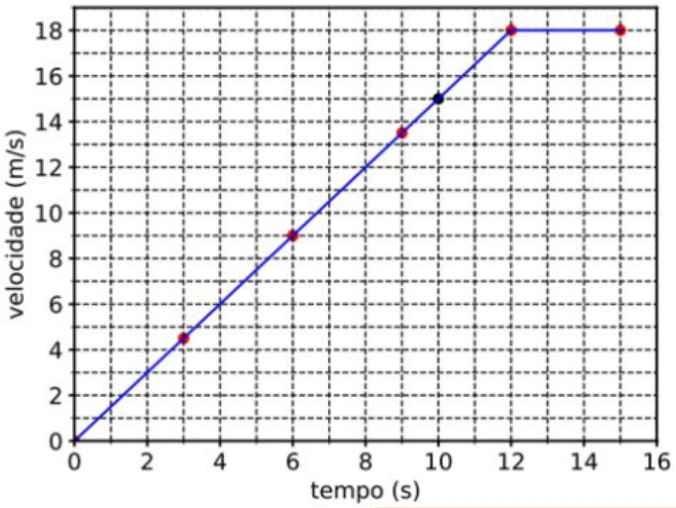
Objetivo da Questão

Os tópicos do programa de Física abordados na Questão 9 são: a) "Representação gráfica de uma relação funcional entre duas grandezas" e "Cinemática do movimento em uma e duas dimensões" e b) "Quantidade de movimento (momento linear): variação e conservação". O item (a) explora os instantes iniciais do movimento de um carro elétrico em que sua velocidade aumenta com o tempo, eventualmente atingindo um valor constante. Os dados de velocidade em função do tempo são fornecidos em uma tabela e o candidato deve representar estes dados num gráfico, ligando os pontos de forma apropriada. Ainda nesse item da questão, o candidato deve ler no gráfico a velocidade para um tempo que não consta da tabela fornecida, e com este valor de velocidade encontrar a posição do carro usando uma relação fundamental da cinemática do movimento uniformemente variado. O item (b) trata das grandezas dinâmicas envolvidas num teste de colisão do carro: quantidade de movimento, impulso e força média. Além disso, nesse item o candidato deve estimar um valor razoável para a massa do carro, o que exige do mesmo uma noção dos valores das massas de objetos e corpos que nos rodeiam no dia a dia.

Resposta Esperada

a)

(i) Os pontos (círculos vermelhos) no gráfico de **velocidade x tempo** abaixo representam os dados da tabela A.



(ii) As linhas que ligam esses pontos são retas, pois a aceleração é constante entre cada par de pontos, de forma que a velocidade varia linearmente com o tempo. Note que, a partir do gráfico, conclui-se que a aceleração é a mesma entre os tempos $t = 0$ e $t = 12$ s (linha reta em todo o intervalo de tempo). Já entre $t = 12$ s e $t = 15$ s a velocidade fica constante.

iii) A aceleração no trecho entre $t = 0$ e $t = 10$ s é constante e vale:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v(10\,\text{s}) - v(0)}{\Delta t}$$

$v(0) = 0$

Fazendo-se a leitura do gráfico, conclui-se a partir da reta que liga os pontos vizinhos que $v(10\,\text{s}) = 15$ m/s. O ponto correspondente a essa velocidade foi marcado com um círculo preto no gráfico da velocidade x tempo.

Assim: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(15-0)\text{m/s}}{10\text{s}} = 1{,}5\text{m/s}^2$.

A posição do carro em função do tempo pode ser obtida pela expressão:

$$s(t) = s(0) + v(0)t + \frac{1}{2}at^2 = 0 + (0 \times t) + \frac{1}{2}(1{,}5\ \text{m/s}^2)(10\text{s})^2 = 75\text{m}$$

b)
(i) Valores razoáveis para a massa total de um carro ficam entre m_T = 500 kg e m_T = 5000 kg.

(ii) O impulso $\vec{I}$ é igual à variação da quantidade de movimento $\Delta\vec{p}$. Portanto:

$$|\vec{I}| = |\Delta\vec{p}| = |\vec{p}_f - \vec{p}_i| = m_T|\cancel{\vec{v}_f} - \vec{v}_i| = m_T v_i$$

$v_i = 90\text{km/h} = 25\ \text{m/s}$

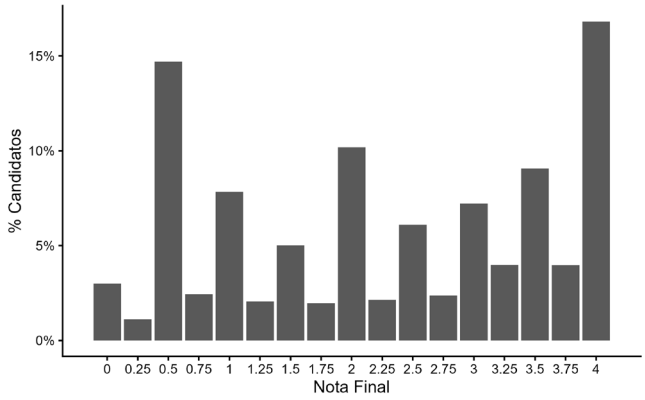
$$\begin{cases} \text{Se } m_T = 500\ \text{kg} \Rightarrow |\vec{I}| = (500\ \text{kg}) \times (25\ \text{m/s}) = 12500\ \text{kg.m/s} = 12500\ \text{N.s} \\ \text{Se } m_T = 5000\ \text{kg} \Rightarrow |\vec{I}| = (5000\ \text{kg}) \times (25\ \text{m/s}) = 125000\ \text{kg.m/s} = 125000\ \text{N.s} \end{cases}$$

iii) Por outro lado, o impulso $\vec{I}$ é igual à força média que age durante um intervalo de tempo, $\vec{F}_m$, multiplicado por esse intervalo de tempo Δt. Assim:

$$|\vec{I}| = |\vec{F}_m|\Delta t \Rightarrow |\vec{F}_m| = \frac{|\vec{I}|}{\Delta t}$$

$$\begin{cases} \text{Se } m_T = 500\ \text{kg} \Rightarrow |\vec{F}_m| = \frac{12500\ \text{N.s}}{0{,}2\ \text{s}} = 62500\ \text{N.} \\ \text{Se } m_T = 5000\ \text{kg} \Rightarrow |\vec{F}_m| = \frac{125000\ \text{N.s}}{0{,}2\ \text{s}} = 625000\ \text{N.} \end{cases}$$

Desempenho dos Candidatos



A nota média da questão foi igual a 2,3 em um total de 4 pontos, ou seja, 57% do total de pontos. Observa-se da distribuição de notas uma predominância da nota máxima 4, seguida das notas 0,5 e 2.
Os principais erros observados na correção estavam associados à dificuldade dos candidatos em produzir o gráfico a partir das tabelas e realizar a estimativa da massa do carro a partir de sua experiência do cotidiano.

Comentários Gerais

A Questão 9 foi classificada com índice de facilidade Médio pelas bancas elaboradora e revisora. Os tópicos do item (a) da questão são amplamente discutidos no Ensino Médio, e a complexidade da questão está na representação gráfica dos dados, na interpolação apropriada deles e na releitura do gráfico elaborado pelo próprio candidato. Já o item (b) requer conhecimentos mais avançados de dinâmica, além da noção do valor da massa de um carro comum. Os cálculos envolvidos nesse item são bastante simples. A partir das respostas dos candidatos a questão foi classificada com índice de facilidade Médio, conforme previsto, e com índice de discriminação Excelente.

QUESTÃO 10

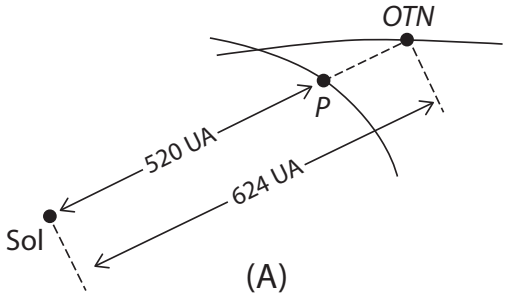
Uma pesquisa recente revelou um novo objeto astronômico que pode ser o Planeta 9. A hipótese da existência desse planeta foi concebida para explicar características comuns a vários objetos trans-netunianos, isto é, astros com órbitas que alcançam distâncias ao Sol muito maiores do que o planeta Netuno.

a) No espaço de respostas, a figura A ilustra uma situação imaginária na qual o Sol, um planeta hipotético *P*, e um objeto trans-netuniano *OTN* são representados ao longo de uma linha reta. As distâncias de *P* e *OTN* ao Sol são apresentadas na figura A em unidades astronômicas, UA (1 UA = distância da Terra ao Sol). Supondo que a razão entre a massa m_P do planeta *P* e a massa m_{Sol} do Sol seja dada por $\frac{m_P}{m_{Sol}} \simeq 2\times10^{-5}$, para a situação da figura A, calcule:

(i) a distância *d* entre o objeto *OTN* e o planeta *P*;

(ii) a razão $q = \left|\vec{F}_P\right| / \left|\vec{F}_{Sol}\right|$ entre os módulos das forças gravitacionais que o planeta *P* $\left(\vec{F}_p\right)$ e o Sol $\left(\vec{F}_{Sol}\right)$ exercem sobre *OTN*.

b) De acordo com a terceira lei de Kepler, a razão entre o quadrado do período orbital (*T*) e o cubo do semieixo maior (*a*) da órbita elíptica é a mesma para todos os planetas que orbitam o Sol. Se o semieixo maior da órbita elíptica de outro planeta desconhecido *D* for dado por $a_D \simeq 400$ UA, qual será o período T_D, em anos terrestres, do movimento orbital do planeta *D* em torno do Sol? Considere os seguintes dados para o planeta Terra: $a_{Terra} = 1$ UA, $T_{Terra} = 1$ ano.



(A)

Objetivo da Questão

Os tópicos do programa de Física abordados na Questão 10 são "Lei da Gravitação Universal de Newton e sua verificação experimental, sistema solar, leis de Kepler". A questão evoca resultados científicos recentes relativos à hipótese de existência de um planeta além da órbita de Netuno (o Planeta 9), e no item (a) exige o cálculo da força gravitacional exercida pelo Sol e por esse planeta hipotético sobre outros objetos trans-netunianos conhecidos que orbitam o Sol. O item (b) explora a terceira Lei de Kepler para calcular o período de um planeta desconhecido em movimento em torno do Sol. Para a resolução da questão, o candidato deve conhecer a Lei da Gravitação Universal, enquanto que a terceira Lei de Kepler é descrita no enunciado do item b). Além disso, o candidato deve realizar a leitura de dados no diagrama da figura A.

Resposta Esperada

a)

(i) A partir das informações da figura A, podemos calcular a distância *d* entre o objeto *OTN* e o planeta *P*:

$$d = d_{OTN_Sol} - d_{P_Sol} = (624 - 520)\ \text{UA} = 104\ \text{UA}$$

(ii) A força gravitacional entre dois objetos de massas m_1 e m_2 separados por uma distância *r* é dada por:

$\left|\vec{F}_P\right| = G\frac{m_1 m_2}{(r)^2}$, sendo *G* a constante gravitacional universal. Assim:

$$\left|\vec{F}_P\right| = G\frac{m_p\, m_{OTN}}{(d)^2};\ \left|\vec{F}_{Sol}\right| = G\frac{m_{Sol}\, m_{OTN}}{(d_{OTN_Sol})^2}$$

$$q = \frac{\left|\vec{F}_P\right|}{\left|\vec{F}_{Sol}\right|} = \frac{\cancel{G}\frac{m_p\,\cancel{m_{OTN}}}{(d)^2}}{\cancel{G}\frac{m_{Sol}\,\cancel{m_{OTN}}}{(d_{OTN_Sol})^2}} = \left(\frac{m_p}{m_{Sol}}\right)\times\left(\frac{d_{OTN_Sol}}{d}\right)^2 = \left(2\times10^{-5}\right)\times\left(\frac{624\ \text{UA}}{104\ \text{UA}}\right)^2 = \left(2\times10^{-5}\right)\times(6)^2$$

Finalmente:

$$q = \left(2\times10^{-5}\right)\times 36 = 72\times10^{-5} = 7{,}2\times10^{-4}$$

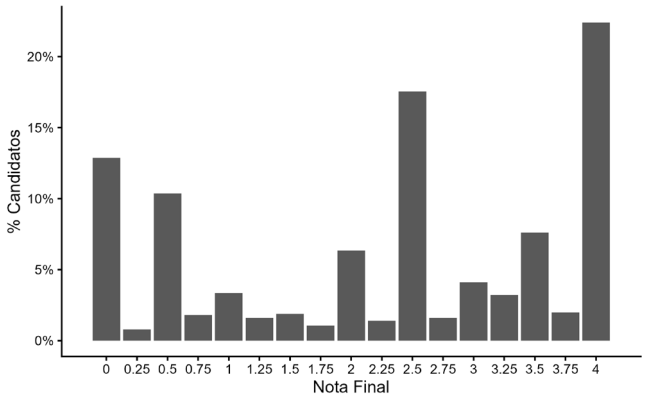
$$\frac{T^2}{a^3} = cte \Rightarrow \frac{T_{Terra}^{\ 2}}{a_{Terra}^{\ 3}} = \frac{T_D^{\ 2}}{a_D^{\ 3}}$$

Assim:

$$\frac{T_{Terra}^{\ 2}}{a_{Terra}^{\ 3}} = \frac{T_D^{\ 2}}{a_D^{\ 3}} \Rightarrow T_D = \left(\frac{a_D}{a_{Terra}}\right)^{3/2} T_{Terra} = \left(\frac{400\ \cancel{UA}}{1{,}0\ \cancel{UA}}\right)^{3/2} \times (1\ \text{ano})$$

$$T_D = \sqrt{(4)^3 \times (10^2)^3}\ \text{anos} = \sqrt{64 \times 10^6}\ \text{anos} = 8 \times 10^3\ \text{anos} = 8000\ \text{anos}.$$

Desempenho dos Candidatos



A nota média da questão foi igual a 2,3 em um total de 4 pontos, ou seja, 57% do total de pontos. Observa-se na distribuição de notas uma predominância da nota máxima 4, seguida das notas 2,5 e zero. Os principais erros observados na correção foram devidos ao desconhecimento e à dificuldade da aplicação da expressão da força gravitacional entre os dois corpos e da interpretação equivocada do enunciado sobre a terceira lei de Kepler para a solução do item (b).

Comentários Gerais

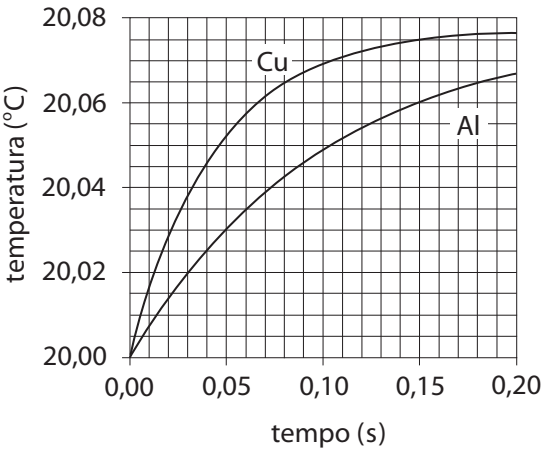
A Questão 10 foi classificada com índice de facilidade Médio pelas bancas elaboradora e revisora. A Lei da Gravitação Universal e as Leis de Kepler são conceitos intermediário-avançados de mecânica do Ensino Médio. A capacidade do candidato na leitura e interpretação do enunciado da questão é importante para o correto equacionamento do problema. A partir das respostas dos candidatos a questão foi classificada com índice de facilidade Médio, conforme previsto, e com índice de discriminação Excelente.

QUESTÃO 11

A caracterização das propriedades térmicas dos materiais é de suma importância para o seu emprego em múltiplas aplicações, bem como para a busca de novos materiais. Uma classe particular desses materiais é chamada de Materiais de Mudança de Fase (PCM, do inglês *Phase Change Materials*) por apresentarem valores elevados do calor latente de fusão, vaporização, etc.

a) A parafina é um componente encontrado em alguns PCMs. Uma amostra de parafina, inicialmente na sua temperatura de fusão, recebe calor a uma potência líquida, já excluindo-se as perdas, dada por $P = 30$ W. Sendo $L = 60$ cal/g o calor latente de fusão dessa amostra, quanto tempo será necessário para fundir uma massa $m_{parafina} = 20$ g da parafina?
Dado: 1 cal ≃ 4 J.

b) No espaço de respostas, o gráfico representa a temperatura em função do tempo de duas amostras metálicas, Al e Cu, durante o aquecimento de cada uma delas produzido pela absorção de energia de um laser. As amostras, tendo massas idênticas e estando sujeitas a condições de troca de calor similares, apresentam tempos de aquecimento diferentes, uma vez que têm calores específicos bem distintos: $c_{Al} \simeq 900$ J/(kg·°C) e $c_{Cu} \simeq 400$ J/(kg·°C). Se a massa da amostra de Al for dada por $m_{Al} = 1{,}5 \times 10^{-5}$ kg, qual é o calor Q nela armazenado desde o instante $t = 0$ até $t = 0{,}15$ s?



Objetivo da Questão

Os tópicos do programa de Física abordados na Questão 11 são "calorimetria e termodinâmica: Trocas de calor e propriedades térmicas da matéria". A questão ressalta a importância da caracterização das propriedades físicas dos materiais, em particular das propriedades térmicas. No item (a) explora-se as relações entre potência e energia, e entre a quantidade de calor fornecida e a massa de material que sofre transição de fase (no caso, a fusão). Já no item (b) a relação entre o calor fornecido e a variação de temperatura de uma amostra é explorada. Nesse item, para realizar o cálculo o candidato deve ler no gráfico fornecido a variação de temperatura da amostra.

Resposta Esperada

a) A quantidade de calor Q fornecida à amostra num intervalo de tempo Δt é dada por $Q = P\Delta t$, sendo P a potência com que o calor é transferido. Por outro lado, essa quantidade de calor Q relaciona-se à massa da amostra que sofre fusão, $m_{parafina}$, por: $Q = m_{parafina}L$, sendo L o calor latente de fusão da amostra. Dessa forma:

$$Q = m_{parafina}\,L$$

$$Q = P\Delta t\} \Rightarrow \Delta t = \frac{m_{parafina}L}{P}$$

$$\text{Do enunciado: } L = 60 \text{ cal/g} = \left(4\,\frac{\text{J}}{\text{cal}}\right) \times \left(60\,\frac{\text{cal}}{\text{g}}\right) = 240 \text{ J/g}$$

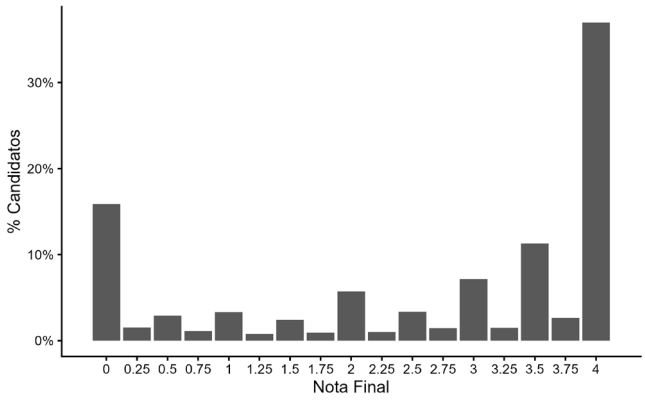
$$\text{Portanto: } \Delta t = \frac{(20\text{ g}) \times (240\,\text{J/g})}{30\text{ W}} = 160\text{ s.}$$

b) A quantidade de calor transferida a uma amostra de massa m e calor específico c que sofre um aumento de temperatura $\Delta\theta$ é dada por: $Q = mc\Delta\theta$

Do gráfico temos:

$$\Delta\theta = (20{,}06 - 20{,}00)\,°\text{C} = 0{,}06°\,\text{C} \quad Q = mc_{Al}\,\Delta\theta = (1{,}5 \times 10^{-5}\text{kg}) \times \left(900\,\frac{\text{J}}{\text{kg}\,°\text{C}}\right) \times (0{,}06\,°\text{C}) = 8{,}1 \times 10^{-4}\,\text{J.}$$

Desempenho dos Candidatos



A nota média da questão foi igual a 2,6 em um total de 4 pontos, ou seja, 65% do total de pontos. Percebe-se da distribuição de notas, uma predominância marcante das notas 4 e 0. Os principais erros observados na correção estiveram relacionados com a confusão entre as grandezas tempo e temperatura na aplicação dos conceitos de calorimetria pelos candidatos na solução do item (b), à conversão de unidades de cal para J, e erros de cálculos no item (a).

Comentários Gerais

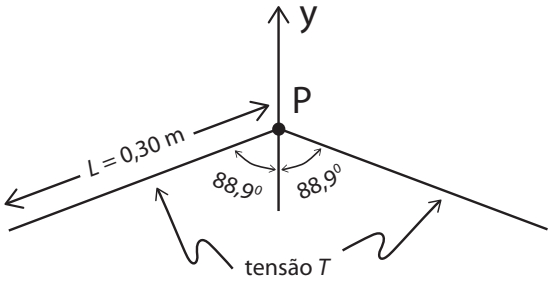
A Questão 11 foi classificada com índice de facilidade entre Fácil (item a) e Médio (item b) pelas bancas elaboradora e revisora. O tópico Termologia é bastante discutido no Ensino Médio e as relações envolvendo o calor latente e o calor específico são bem conhecidas dos estudantes. A partir das respostas dos candidatos a questão foi classificada como Fácil e com índice de discriminação Excelente.

QUESTÃO 12

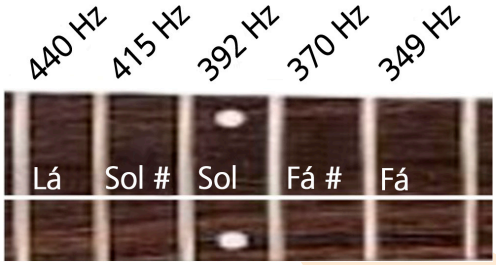
Bend é uma técnica usada na guitarra para alterar a frequência sonora de uma nota musical. Essa técnica consiste em deslocar, na direção perpendicular ao braço da guitarra, o dedo que prende a corda, aumentando-se a tensão aplicada na corda e a frequência sonora emitida.

a) A frequência f_0 do harmônico fundamental de uma corda é dada por $f_0 = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$, sendo L o comprimento, T a tensão e μ a densidade linear da corda. No espaço de respostas, a figura A ilustra o *bend* (com o ângulo fora de escala) sendo aplicado no meio de uma corda (ponto P) de densidade linear $\mu = 8{,}0 \times 10^{-4}$ kg/m. Na situação da figura A, com o *bend* aplicado, tem-se $L = 0{,}30$ m e $f_0 = 500$ Hz. Qual é o módulo da força que deve ser aplicada sobre a corda no ponto P, ao longo da direção y, para manter o equilíbrio?
Dados: cos 88,9° ≃ 0,02; sen 88,9° ≃ 0,99; tg 88,9° ≃ 52.

b) No espaço de respostas, a figura B mostra o braço de uma guitarra com uma corda diferente daquela do item anterior. Em cada casa do braço, estão indicadas a nota e a frequência do harmônico fundamental correspondente com a corda presa sem o *bend*. Nesses casos, a tensão na corda é a mesma para todas as notas, dada por $T_1 = 196$ N. Se um *bend* é feito para elevar a frequência f_1 da nota Sol para a frequência f_2 da nota Sol sustenido (Sol#), qual é o aumento ΔT na tensão da corda?
Use a relação: $\frac{\Delta T}{T_1} = \frac{2(f_2 - f_1)}{f_1}$



(A)



Objetivo da Questão

A questão 12 trata da física de ondas em cordas e sua relação com uma técnica, usada pelos guitarristas, conhecida como *bend*. A questão articula conhecimentos de Ondulatória (ondas numa corda e ondas sonoras) com Mecânica (equilíbrio de forças e tensão em uma corda). No item (a), o candidato deve utilizar a expressão do harmônico fundamental fornecida para determinar a tensão na corda e, em seguida, modelar o *bend* como uma situação de equilíbrio no ponto em que a força é aplicada, decompondo corretamente as tensões nas direções necessárias para o correto desenvolvimento da questão. No item (b), a questão exige o uso de uma relação entre frequência e tensão, fornecida no enunciado, para calcular a variação de tensão necessária para elevar a frequência de uma nota (Sol) para a nota seguinte (Sol#), com base nas frequências indicadas na figura.

Resposta Esperada

a) Para calcularmos o módulo da força F_y que deve ser aplicada sobre a corda no ponto P, ao longo da direção y, para manter o equilíbrio de forças, precisamos conhecer a componente da tensão T na direção y. O valor de T pode ser obtido da expressão fornecida no enunciado, que relaciona a frequência do harmônico fundamental de uma corda com suas características e a tensão na mesma:

$$T = 4L^2 f_0^2 \mu = 4 \times (3{,}0 \times 10^{-1}\ \text{m})^2 \times (5{,}0 \times 10^{2}\ \text{Hz})^2 \times (8{,}0 \times 10^{-4}\ \text{kg/m}) = 72\ \text{N}.$$

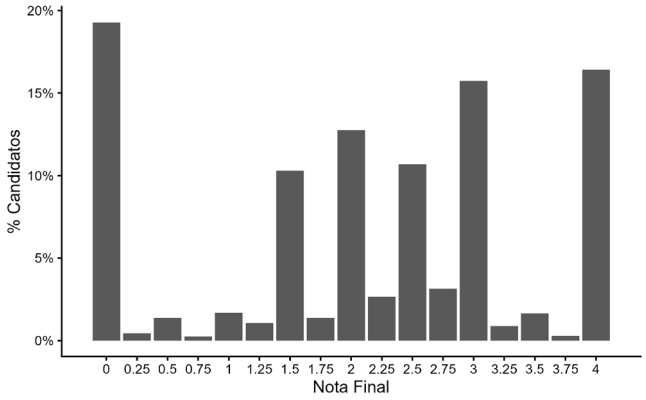
No ponto P, devemos considerar duas forças de tensão simétricas, uma em cada lado da corda e impor equilíbrio de forças na direção y, T_y, ou seja, $F_y = 2\ T_y$. Da figura (A) temos que o ângulo agudo entre o eixo y e cada trecho da corda é 88,9°. Usando os dados trigonométricos fornecidos no enunciado, podemos escrever:

$$F_y = 2 \times T_y = 2 \times T \times \cos(88.9^\circ) = 2 \times 72\ \text{N} \times 0{,}02 = 2{,}88\ \text{N}.$$

b) Da figura (B), temos que a frequência da nota Sol é f_1=392 Hz e a frequência da nota Sol sustenido (Sol#) é f_2= 415 Hz. Usando a relação fornecida para ΔT e T_1=196 N , temos:

$$\Delta T = T_1 \frac{2(f_2 - f_1)}{f_1} = 196\ \text{N} \times \frac{2 \times (415\ \text{Hz} - 392\ \text{Hz})}{392\ \text{Hz}} = 23\ \text{N}.$$

Desempenho dos Candidatos



A maioria dos candidatos teve nota entre 1,5 e 4, com boa distribuição de valores nessa faixa. A percentagem de candidatos com notas iguais a zero (erraram completamente ou não fizeram a questão) foi de cerca de 19%. O item (a) apresentou certo grau de dificuldade para os candidatos, pois a resolução completa do problema proposto exige aplicar o resultado do uso de equação de ondulatória em uma situação de decomposição e equilíbrio de forças, o que aumenta a complexidade da solução. Foram frequentes as seguintes dificuldades: o isolamento da tensão na expressão fornecida, o equacionamento do equilíbrio no ponto P e a decomposição das forças envolvidas no problema. Destaca-se o erro cometido pelos candidatos, utilizando-se a tensão sempre para um dos lados da corda. Os candidatos tiveram melhor desempenho no item (b), que envolvia habilidades de interpretação de texto, leitura adequada da figura e utilização da expressão fornecida.

Comentários Gerais

As bancas elaboradora e revisora consideraram a questão com índices de facilidade Médio e Difícil, respectivamente. Os resultados confirmaram um índice de facilidade Médio pela média obtida pelos candidatos, que é de aproximadamente 2,1 pontos. Esse nível médio esperado pela banca também se confirma pelo Índice de Facilidade de 0,53, o que classifica a questão como Média. Além disso, a questão apresentou índice de discriminação de 0,68, classificado como Excelente, o que demonstra que a questão foi eficaz em selecionar candidatos com domínio mais consistente dos conteúdos de Ondulatória e Mecânica.

A partir da distribuição de notas, observa-se uma concentração significativa de notas intermediárias e máximas, característica compatível com o perfil de dificuldade média. Observa-se também presença relevante de notas iguais a zero, indicando que uma parcela dos candidatos não conseguiu resolver o problema proposto.

O item (a) teve a média de 0,7 ponto, inferior à média do item (b), que foi de 1,4 ponto. A banca considera que esse desempenho é coerente com o grau de dificuldade proposto no primeiro item, uma vez que a questão exigia não apenas a aplicação direta da expressão do harmônico fundamental, mas também a articulação entre o modelo de ondas em cordas, decomposição de forças e a análise de forças em equilíbrio. Os principais erros dos candidatos na correção estavam relacionados com esse aspecto da solução do item.

Embora o tema esteja inserido no conteúdo regular do Ensino Médio, a integração entre esses conhecimentos explica a diferença de desempenho entre os itens.

QUESTÃO 13

Um LED (do inglês *Light-Emitting Diode*) é um componente eletrônico que emite luz quando sujeito a uma diferença de potencial U_D e percorrido por uma corrente elétrica.

a) A cor de um LED monocromático depende da frequência f da luz emitida, que, de forma simplificada, é determinada pela expressão $eU_D = hf$, em que $e \simeq 1{,}6 \times 10^{-19}$ C é a carga do elétron e h é a constante de Planck. Calcule o valor de h considerando um LED que emite luz de comprimento de onda $\lambda = 600$ nm e que opere com $U_D \simeq 2{,}0$ V. Dado: velocidade da luz $c = 3{,}0 \times 10^8$ m/s.

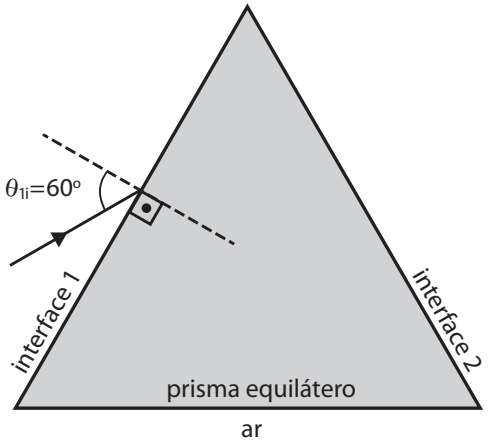
b) O índice de refração n de um meio depende do comprimento de onda da luz que o atravessa. Isso permite analisar a composição espectral da luz, como a emitida por um LED. O prisma equilátero (secção reta) do espaço de respostas, imerso em ar ($n_{ar} = 1$), foi usado para estudar um raio de luz monocromática para o qual o índice de refração do prisma é $n_{prisma} = \sqrt{3}$. O raio incide na interface 1 (ar–prisma), com ângulo θ_{1i}, sendo parcialmente refletido e parcialmente refratado.

(i) Calcule o ângulo de refração θ_{1r} na interface 1;

No prisma no espaço de respostas,

(ii) desenhe o caminho do raio dentro do prisma e depois de emergir do mesmo, na interface 2 (prisma-ar), explicitando os valores dos ângulos envolvidos;

(iii) desenhe o raio da primeira reflexão na interface 1, indicando o valor ângulo de reflexão α_1.



Objetivo da Questão

A questão 13 aborda conteúdos de Física Moderna (efeito fotoelétrico e relação entre energia e frequência) e Óptica (refração da luz e aplicação da Lei de Snell). No item (a), o candidato deve relacionar a energia elétrica aplicada ao LED com a energia do fóton emitido, utilizando a expressão fornecida $eU_d = hf$, e combinar essa relação com a expressão da frequência em função do comprimento de onda. Trata-se de um problema que articula conceitos de ondas e habilidade de interpretação das informações contidas no enunciado. No item (b), a questão exige a aplicação da Lei de Snell para determinar o ângulo de refração, além da construção geométrica do trajeto do raio de luz no interior de um prisma equilátero, incluindo reflexão e refração nas interfaces. Esse item mobiliza habilidade de interpretação geométrica associado à aplicação de leis físicas.

Resposta Esperada

a) Para calcular o valor da constante de Planck com o auxílio do comportamento de LED descrito pela expressão $eU_d = hf$ precisamos inicialmente encontrar a frequência da luz associação ao comprimento de onda $\lambda = 600$ nm emitida pelo LED que opera com a diferença de potencial $U_d = 2{,}0$ *V*. Para isso usamos a expressão da ondulatória que associa a velocidade da luz *c*, o comprimento de onda e a frequência *f*:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{600 \times 10^{-9} \text{ m}} = 5{,}0 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}.$$

Em seguida, usando a expressão fornecida $eU_d = hf$ e a carga do elétron $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ *C*, temos

$$h = \frac{eU_D}{f} = \frac{(1{,}6 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (2{,}0 \text{ V})}{5{,}0 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}} = 6{,}4 \times 10^{-34} \text{ Js}.$$

b) No item (i), era necessário aplicar a Lei de Snell na interface ar–prisma para determinar o ângulo de refração. Nessa interface, o ângulo de incidência da luz era de $\theta_{1i} = 60^\circ$:

$$n_{ar}\ \text{sen}(\theta_{1i}) = n_{prisma}\ \text{sen}(\theta_{1r})$$

$$n_{ar}\ \text{sen}(60^{\circ}) = n_{prisma}\ \text{sen}(\theta_{1r})$$

$$1\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}\ \text{sen}(\theta_{1r})$$

$$\text{sen}(\theta_{1r}) = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta_{1r} = 30^{\circ}$$

No item (ii), esperava-se o desenho correto do caminho do raio dentro do prisma e após emergir na interface prisma–ar, com indicação adequada dos ângulos. Por construção geométrica, o feixe passa dentro do prisma paralelo à base, chegando à interface 2 com ângulo θ_{2i}=60º em relação à sua normal. Assim, utilizando

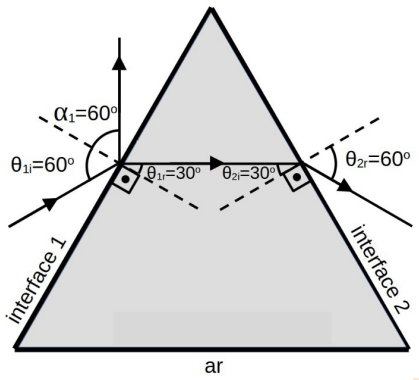
$$n_{ar}\ \text{sen}(\theta_{ar}) = n_{prisma}\ \text{sen}(\theta_{prisma}),$$

temos

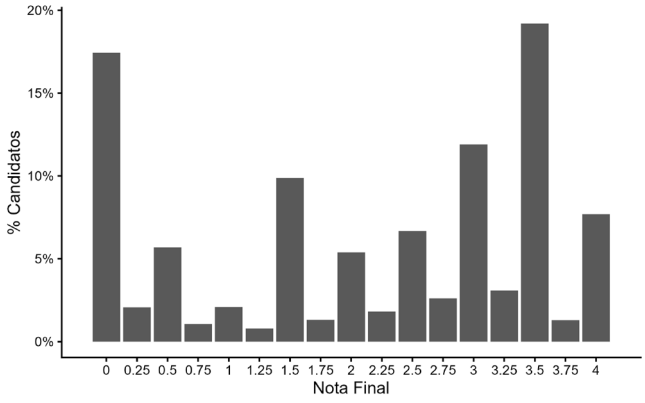
$$\theta_{2i} = \theta_{1r} = 30^{\circ}\ \ e\ \ \theta_{2r} = \theta_{1i} = 60^{\circ}.$$

No item (iii), o candidato deveria representar corretamente o raio refletido na interface 1, indicando o ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência: $\alpha_1 = \theta_{1i} = 60^{\circ}$.

Prisma com a representação de todos os feixes de interesse.



Desempenho dos Candidatos



A distribuição das notas indica predominância de valores intermediários, com presença equilibrada de notas máximas e de notas muito baixas, o que é compatível com o Índice de Discriminação elevado da questão. A percentagem de candidatos com notas iguais a zero (erraram completamente ou não fizeram a questão) foi de cerca de 17%. Os candidatos apresentaram um desempenho médio tanto no item (a) quanto no (b).

No primeiro item, a maioria dos erros esteve associada à manipulação algébrica e à conversão de unidades das grandezas fornecidas. No item (b), foram frequentes erros na troca de seno e cosseno e as funções trigonométricos com os seus ângulos na aplicação na lei de Snell, além de incorreções na construção do trajeto do raio dentro do prisma.

Comentários Gerais

As bancas elaboradora e revisora consideraram a questão com índice de facilidade Médio e Difícil, respectivamente. A nota média obtida pelos candidatos foi de, aproximadamente, 2,1 pontos. Esse nível médio esperado pela banca se confirmou pelo Índice de Facilidade de 0,53, o que classifica a questão como Média. Além disso, a questão apresentou Índice de Discriminação de 0,76, classificado como Excelente, demonstrando que foi eficaz em distinguir candidatos com domínio mais consistente dos conteúdos de Ondulatória e Óptica, além da interpretação da questão, daqueles com dificuldades na aplicação desses conhecimentos. A partir da distribuição de notas, observa-se a concentração significativa de notas intermediárias e máximas, característica compatível com o perfil de dificuldade média. A banca considera que o desempenho obtido está de acordo com o grau de complexidade proposto, uma vez que a questão exigia não apenas aplicação direta de fórmulas, mas também organização do raciocínio geométrico e atenção à representação gráfica solicitada no item (b).

QUÍMICA

A prova de Química da segunda fase do vestibular da Unicamp 2026 explorou temas atuais e que estão em evidência em áreas como Saúde, Educação, Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Algumas das questões abordavam várias das áreas supracitadas em um mesmo contexto, o que tem sido marcante nas provas de química ao longo dos anos, e suas relações diretas com o cotidiano dos candidatos. A banca elaboradora elaborou questões que contemplassem ao máximo o conteúdo de química abordado no ensino médio, tais como química orgânica, termodinâmica, reações químicas e cálculo estequiométrico, equilíbrio químico, eletroquímica e química ambiental. Com base no desempenho dos candidatos, e considerando a análise estatística, a prova pode ser considerada de nível difícil, embora os temas abordados façam parte do currículo do ensino médio e são regularmente abordados nos vestibulares de química da UNICAMP, com uma tendência de correlação dos fenômenos químicos com o cotidiano dos estudantes.

A questão 14 abordou conteúdos do programa de Química, como reações químicas, estequiometria, gases ideais e energia associada às reações, contextualizados em uma temática atual relacionada a conflitos geopolíticos e seus impactos. No item (a), os candidatos deveriam calcular o volume de gases liberados na explosão de uma ogiva contendo o explosivo RDX, considerando que os produtos estão na fase gasosa em condições normais de temperatura e pressão. Para isso, era necessária uma leitura atenta do enunciado, bem como o domínio do balanceamento da reação química, das relações estequiométricas e das equações de estado dos gases. No item (b), os candidatos deveriam discutir, de forma fundamentada, os efeitos de uma guerra nuclear, apresentando justificativas para impactos ambientais e consequências associadas à segurança alimentar global, contemplando aspectos anteriores e posteriores a um eventual conflito. A questão 15 abordou temas interdisciplinares envolvendo química orgânica, biologia e meio ambiente, com ênfase em processos químicos associados a sistemas biológicos. No item (a), os candidatos foram avaliados pelo reconhecimento de funções orgânicas, em especial aldeídos e ácidos carboxílicos e à compreensão de processos de oxidação, explicando a conversão do nonanal em ácido nonanoico ao longo do tempo, com a respectiva equação química. No item (b), os candidatos deveriam interpretar uma figura experimental relacionada ao comportamento do mosquito *Anopheles gambiae*, identificando objetivos e conclusões de experimentos que investigam a atração por odores corporais. A questão exigiu a integração de conhecimentos químicos e biológicos, além da capacidade de leitura e interpretação de representações visuais e análise crítica de dados em um contexto relevante. A questão 16 abordou conteúdos relacionados à química orgânica, estequiometria, combustão e sustentabilidade, inseridos no contexto atual da matriz energética brasileira e do uso de combustíveis em veículos flex. No item (a), os candidatos deveriam comparar, de forma quantitativa, a relação ar/combustível nas combustões do octano e do etanol, mobilizando conhecimentos sobre balanceamento de equações químicas e proporções estequiométricas.O item (b), tematizou uma situação prática envolvendo a composição da gasolina comercial, exigindo dos candidatos raciocínio quantitativo, interpretação de misturas e manipulação de volumes, a partir de um problema contextualizado no cotidiano. A questão 17 abordou temas relacionados à química ambiental, química orgânica e interações intermoleculares, a partir de um contexto contemporâneo de grande relevância envolvendo contaminantes persistentes (PFAS), conforme ilustrado no enunciado e na figura apresentada. No item (a), os candidatos deveriam interpretar o esquema apresentado, identificando o objetivo do processo, os produtos esperados e o método químico empregado, além de reconhecer e nomear as substâncias orgânicas envolvidas. No item (b), foram explorados conceitos de adsorção e interações entre moléculas orgânicas e superfícies de carvão ativado, exigindo dos candidatos a compreensão de propriedades ácido-base (pKa), polaridade e tipos de interação química predominantes. A questão 18 abordou conteúdos de bioquímica e equilíbrio químico, inseridos no contexto fisiológico da regulação do cálcio no organismo. No item (a), os candidatos deveriam interpretar mecanismos hormonais de regulação envolvendo o PTH e a vitamina D, identificando corretamente a condição fisiológica associada (hipocalcemia ou hipercalcemia) a partir da análise integrada dos efeitos descritos. No item (b), foram explorados conceitos de equilíbrio químico aplicados a sistemas biológicos, exigindo que os candidatos justificassem por que a fração de cálcio livre não pode ser estimada diretamente em situações de alteração na concentração de proteínas ou no pH sanguíneo, mobilizando conhecimentos sobre deslocamento de equilíbrio e interações químicas em meio biológico.

A Banca Elaboradora entende que a principal dificuldade observada na resolução das questões esteve associada à necessidade de leitura atenta, interpretação qualificada dos enunciados e análise de figuras, tabelas e gráficos. Tal avaliação se sustenta pelo fato de que, em diversas questões, o próprio enunciado já apresentava elementos essenciais para a construção da resposta, exigindo do candidato a capacidade de avançar na interpretação e articular esses dados com conhecimentos químicos consolidados. Nesse sentido, evidencia-se que competências como compreensão textual, extração consistente de informações a partir de diferentes representações e realização de análises críticas não são apenas desejáveis, mas indispensáveis ao perfil acadêmico esperado dos ingressantes da UNICAMP.

QUESTÃO 14

O mundo está explosivo. Quando uma reação química ocorre, geralmente vem acompanhada de evidências macroscópicas perceptíveis, algumas dessas somente para quem está muito próximo da reação. No entanto, se o calor liberado (Q) for muito grande, assim como o volume de gases (V), como acontece numa explosão em uma guerra convencional, o poder de detonação (Q×V) pode "ser sentido" à longa distância e por muito tempo. Em uma eventual guerra nuclear, as consequências podem ser muito mais devastadoras, ocorrendo antes mesmo da detonação das ogivas. Adicionalmente, as consequências próximas do local da detonação são a contaminação primária do solo e água e o extermínio da vida, mas há os efeitos de longa distância e tempo, geralmente não levados em conta.

A partir dessas informações, responda aos itens (a) e (b).

a) Calcule o volume (V) de gases liberados na explosão de uma ogiva de 1200 kg do explosivo RDX ($C_3H_6N_6O_6$), em uma guerra convencional. Considere que todos os produtos são gasosos e estão nas CNTP. A explosão do RDX, único reagente, produz água, monóxido de carbono e nitrogênio molecular.

Dados: Mol RDX = 222 g mol^{-1}; P = 100 kPa; T = 273 K; R = 8,3 $Pa \cdot m^3 \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$.

b) Uma guerra nuclear pode levar a consequências muito graves em médio e longo prazo. Em uma situação extrema, pode gerar até $150 \cdot 10^9$ kg de fuligem. Há muitas verdades tristes sobre uma guerra nuclear, elencamos apenas duas delas:

(i) as armas nucleares prejudicam o meio ambiente, muito antes de serem utilizadas numa guerra;

(ii) após uma guerra nuclear, podemos esperar uma insegurança alimentar mundial gigantesca.

Aponte duas justificativas para cada afirmação, no quadro no campo de resposta.

b)

Afirmação i	Afirmação ii
Razão 1	Razão 1
Razão 2	Razão 2

Objetivo da Questão

Nessa questão, foi avaliado o domínio dos candidatos sobre conteúdos fundamentais do programa, como balanceamento de equações químicas, cálculo estequiométrico, comportamento de gases e aspectos energéticos das reações (termodinâmica), inseridos em um contexto atual relacionado a conflitos geopolíticos e ao uso de explosivos em cenários de guerra.

Resposta Esperada

Item a

Nesse item, os candidatos deveriam primeiramente escrever a equação química da reação de explosão do RDX com o balanceamento correto. Todas as condições reacionais foram fornecidas aos estudantes, incluindo os produtos formados na reação.

$$C_3H_6N_6O_6 = 3H_2O + 3CO + 3N_2$$

Nessa reação, os estudantes deveriam observar que são liberados 9 mols de gases para cada mol de RDX. Na sequência era esperado que os candidatos aplicassem a equação PV = nRT, substituindo os valores disponibilizados no enunciado do item.

Resolução:

Dados: Mol RDX = 222 g mol^{-1}; P = 100 kPa; T = 273 K; R = 8,3 $Pa \cdot m^3 \cdot K-1 \cdot mol-1$.

1 mol RDX (222 g) → 9 mols de gases
1200000 g RDX → **n mols**

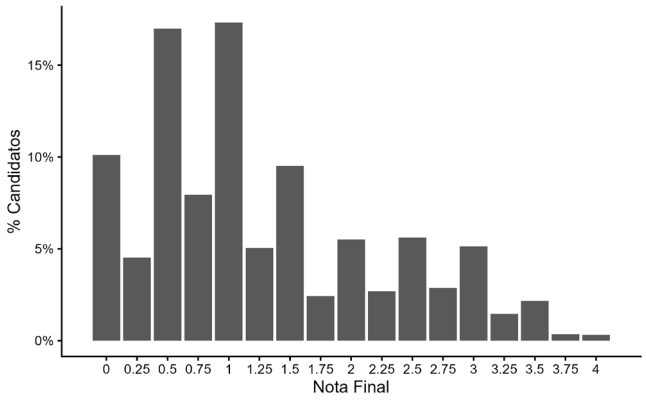
Portanto: **n = 48.649 mols de gás**

Substituindo os valores na equação PV = nRT, teremos que:
V = (48.649 x 8,3 x 273) / 100000 = **1102 m3**

Item b
Nesse item, os candidatos deveriam avaliar inicialmente os impactos ambientais relacionados à extração e purificação do material para a construção de armas nucleares e, posteriormente, os impactos da detonação de armas nucleares que contaminam o meio ambiente, além de levar à ausência de luz, resfriamento da Terra, diminuição da fotossíntese e a consequente não produção de alimentos. A resposta esperada é apresentada na tabela a seguir:

Item i	Item ii
Razão 1 – Problemas ambientais devido a extração e purificação das matérias-primas para fabricação da bomba, tais como: mineração, desmatamento.	Razão 1 – O excesso de fuligem na atmosfera pode causar o chamado *inverno nuclear*, bloqueando a entrada de radiação solar. Sem luz suficiente, a fotossíntese é seriamente prejudicada, comprometendo a produção de alimentos e afetando toda a cadeia de vida dependente desse processo.
Razão 2 – Testes nucleares que contaminam o meio ambiente, produção de lixo radioativo, produção de rejeitos que podem provocar contaminação dos recursos naturais.	Razão 2 – Contaminação pela radiação nuclear proveniente da explosão da bomba.

Desempenho dos Candidatos



Com base na análise estatística, pode-se concluir que os candidatos obtiveram, em sua maioria, notas entre 0 e 1.75 (cerca de 75% do total), com uma porcentagem de notas zero de 10%. Os demais 25% dos candidatos, aproximadamente, obtiveram notas entre 2.0 e 4.0, com uma porcentagem de pouco mais de 10% com notas entre 3.0 e 4.0. O índice de discriminação (ID) foi de 0.44, que pode ser classificado como bom, enquanto o índice de facilidade (IF) foi de 0.32, o que classifica a questão como difícil. A banca elaboradora e a banca revisora classificaram essa questão com grau de dificuldade médio e muito difícil, respectivamente.

Comentários Gerais

No item (a), a banca elaboradora notou que os candidatos tiveram uma dificuldade inicial em escrever a equação química pedida com as fórmulas corretas e devidamente balanceada. Apesar do enunciado descrever que o RDX era o único reagente, e que produzia água, monóxido de carbono e nitrogênio molecular, um número expressivo de candidatos não conseguiu montar a equação. Esse aspecto deve ser considerado pelos colégios e pelos professores de química do ensino médio e trabalhado em sala de aula. Ao escrever a equação com as fórmulas corretas, mas sem o devido balanceamento, os estudantes não teriam como acertar que 1 mol de RDX produz 9 mols de gás e, portanto, encontrar o volume (V) de 1102 m3 a partir da equação PV = nRT.

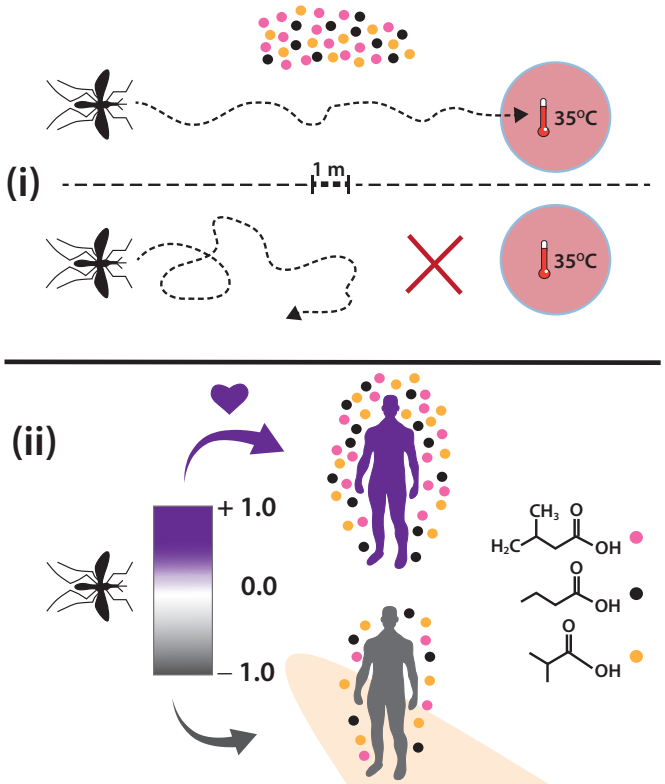
No item (b), a banca elaboradora e a banca corretora notaram que os estudantes tiveram um desempenho um pouco melhor, considerando que muitos deles correlacionaram de forma adequada a mineração, o desmatamento e a degradação do meio ambiente como efeitos negativos na obtenção de matérias primas para a fabricação das bombas antes mesmo de suas detonações, assim como foram hábeis em correlacionar a eventual explosão de uma bomba com o inverno nuclear e seus efeitos na produção de alimentos (insegurança alimentar), temperatura e fotossíntese. No entanto, ainda assim, é um tema que pode ser explorado pelos professores em sala de aula em um contexto global, de forma integrada com a biologia e a física.

QUESTÃO 15

As informações quimiossensoriais transmitidas pelos odores corporais (OCs) podem influenciar as relações sociais entre amigos, parceiros e familiares. De modo especial, os OCs contribuem de forma distinta para a comunicação entre pais e filhos em diferentes fases do desenvolvimento. Além disso, os odores podem desempenhar papel importante nas relações entre espécies animais.

a) Um estudo científico que compara OCs presentes na cabeça de bebês recém-nascidos revela que o nonanal é o aldeído mais abundante no OC tanto nos bebês recém-nascidos (1 hora) quanto nos bebês de 2 ou 3 dias. Nesse período, o nonanal é produzido constantemente, porém sua quantidade permanece praticamente inalterada enquanto a quantidade do ácido nonanóico aumenta cinco vezes no mesmo período. Descreva por que as quantidades das substâncias OCs descritas, comportam-se dessa forma no período de três dias, incluindo a equação química que justifica esse comportamento.

b) As pessoas costumam se perguntar "Por que os mosquitos são mais atraídos por mim do que pelos meus amigos?". Para responder a essa pergunta, foram realizados dois experimentos identificados como (i) e (ii), na figura ao lado, que investigaram o comportamento do mosquito da malária *Anopheles gambiae*. No campo de resposta, indique o objetivo e a conclusão de cada um dos dois experimentos, que respondem à pergunta mencionada anteriormente.



b)

Objetivo(s) do experimento	Conclusão(ões)
(i)	(i)
(ii)	(ii)

Objetivo da Questão

Nessa questão, objetivou avaliar o domínio dos candidatos sobre conteúdos de Química Orgânica, em especial nomenclatura e identificação de funções orgânicas, bem como a compreensão de reações químicas e a capacidade de interpretação de representações gráficas baseadas em dados experimentais. Esperava-se que os candidatos fossem capazes de identificar e diferenciar adequadamente aldeídos e ácidos carboxílicos, além de representar o processo de oxidação do nonanal a ácido nonanoico na presença de oxigênio. Adicionalmente, avaliou-se a capacidade de leitura e interpretação da figura apresentada, com a extração de informações que permitissem evidenciar o papel da presença e da concentração dos odores corporais na atração de insetos a um alvo específico.

Resposta Esperada

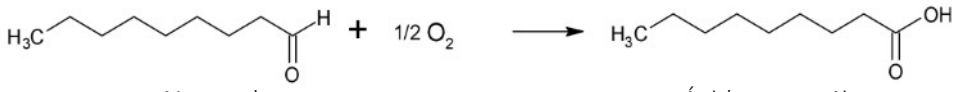
Item a

Nesse item, os estudantes deveriam representar a reação de oxidação do nonanal até o ácido nonanóico, representando as estruturas das moléculas orgânicas envolvidas, com ênfase na diferenciação das suas funções orgânicas, e explicando o perfil de variação do nonanal e do ácido nonanóico ao longo de 2 ou 3 dias. A resposta esperada era a seguinte:

O nonanal é produzido constantemente, no entanto, sua quantidade não varia significativamente porque parte desse nonanal está sendo convertida em ácido nonanóico. O ácido nonanóico aumenta porque ele é o produto da oxidação do nonanal, pela

presença de O_2 atmosférico, que ocorre ao longo dos primeiros dias de nascimento.

Equação química:



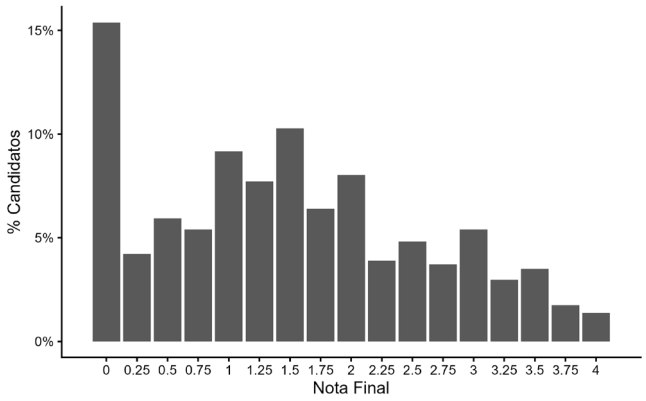
Nonanal — Ácido nonanóico

Item b

Nesse item, os candidatos deveriam buscar, com base nos experimentos (i) e (ii) representados na figura, a resposta sobre o motivo dos mosquitos serem mais atraídos por algumas pessoas em detrimento de outras. Mais especificamente, os estudantes deveriam indicar o objetivo e a conclusão de cada um dos experimentos representados na figura. A resposta esperada pela banca seria a seguinte:

Objetivo(s)	Conclusão(ões)
Avaliar se um inseto se direciona a um alvo a 35°C quando o ambiente próximo possui odores corporais.	Sim, os odores corporais direcionam os insetos até o alvo. Na ausência dos odores, os insetos não alcançam o alvo.
Avaliar se a concentração dos odores corporais interfere na intensidade de atração do mosquito causador da malária pelo ser humano.	Quanto maior a concentração de odores exalados pelo ser humano, maior é a atração de mosquitos.

Desempenho dos Candidatos



Os dados estatísticos mostram que, embora 15% dos candidatos não tenham pontuado nesta questão, a maioria dos candidatos obteve notas entre 1.0 e 2.0, totalizando cerca de 45%. Houve uma distribuição regular de notas entre 2.25 e 3.5, com uma porcentagem aproximada de 25%. Esta questão teve um índice de discriminação (ID) de 0.55, considerado ótimo, e um índice de facilidade de 0.38, sendo considerada difícil. A banca elaboradora e a banca revisora haviam classificado essa questão com grau de dificuldade médio e difícil, respectivamente.

Comentários Gerais

A banca elaboradora observou que, no item (a), muitos candidatos tiveram dificuldades em relacão ao conhecimento de funções orgânicas. Parte dos estudantes não conseguiu diferenciar aldeídos de ácidos carboxílicos ou montar a reação de oxidação do nonanal a ácido nonanóico na presença de oxigênio. Essa falta de conhecimento impactou nas notas dos candidatos na questão. Portanto, trata-se de uma área da química a ser explorada em sala de aula com exemplos que possam facilitar a sedimentação do conhecimento por parte dos estudantes secundaristas.

No item (b), a banca observou que, embora boa parte dos candidatos tenha conseguido compreender os objetivos de cada experimento e chegar nas conclusões corretas, houve vários casos em que os estudantes confundiram objetivos e conclusões, descrevendo um no lugar do outro. O objetivo no experimento (i) era avaliar se a presença de odores corporais influencia no direcionamento de insetos até um alvo. A conclusão é que a presença de odores corporais é capaz de direcionar insetos até um alvo. Alguns estudantes fizeram uma correlação com calor e temperatura, sendo que não havia relação direta com tais fatores. No experimento (ii) o objetivo era avaliar a influência da concentração dos odores corporais na atração de insetos, sendo que, conforme mostrado na figura, quanto maior a concentração de odores, maior é a atração de mosquitos. As respostas de muitos estudantes mostram uma dificuldade de interpretação de texto e figuras e de expressão escrita por parte deles, o que também merece atenção.

QUESTÃO 16

Os carros *flex* desempenham um papel crucial na mobilidade sustentável no Brasil. Seus motores a combustão permitem o uso de etanol ou gasolina ou mesmo as suas misturas, dando ao consumidor liberdade de escolha conforme o preço e a disponibilidade dos combustíveis. Além disso, o etanol é uma fonte renovável com menor emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para a redução do impacto ambiental.

a) No carro *flex*, há um dispositivo chamado sensor lambda, que ajuda a controlar a relação entre a quantidade de ar e a quantidade de combustível. Essa relação é dada pela estequiometria da reação de combustão. Considere duas situações extremas: um carro usando apenas octano (representando a gasolina) como combustível e outro usando apenas etanol. Em qual situação a relação (quantidade de ar/quantidade de combustível) será maior? Justifique sua resposta matematicamente.

b) Em 2025, o percentual em volume de etanol na gasolina mudou de 27% para 30%. Imagine que se deseje manter o teor de 27% de etanol utilizando a nova gasolina. Para isso, deve-se extrair o etanol da nova gasolina por meio da adição de água, de modo a separar o etanol da mistura (deixando a gasolina com 0% de etanol). Em seguida, deve-se juntar essa gasolina sem álcool a um volume da nova gasolina, para encher completamente o tanque de 60 litros. Calcule o volume mínimo da nova gasolina a ser usado para alcançar êxito. Apresente os cálculos, mostrando claramente cada uma das variáveis.
Dados: Fórmula Molecular: Octano (gasolina): C_8H_{18}; etanol: C_2H_6O

Objetivo da Questão

Nessa questão, teve como objetivo avaliar o domínio dos candidatos sobre conceitos fundamentais relacionados às transformações dos materiais, com ênfase em cálculos estequiométricos envolvendo relações ponderais e volumétricas em reações químicas, bem como em expressões de concentração, especialmente porcentagem em volume. Adicionalmente, foram mobilizados conhecimentos sobre massas atômicas, massas molares e quantidade de substância, aplicados a um contexto cotidiano relacionado ao uso de combustíveis em veículos flex. Esperava-se que os candidatos fossem capazes de estabelecer relações quantitativas entre reagentes e produtos em processos de combustão, interpretar e manipular dados de composição de misturas e realizar cálculos envolvendo proporções e volumes, integrando diferentes conceitos químicos de forma articulada.

Resposta Esperada

Item a

A reação de combustão do octano é dada por:

$$C_8H_{18} + {}^{25}/_{2}\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 9\ H_2O \quad \text{ou} \quad 2\ C_8H_{18} + 25\ O_2 \rightarrow 16\ CO_2 + 18\ H_2O$$

A reação de combustão do etanol é dada por:

$$C_2H_5OH + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 3\ H_2O$$

O mol do C_8H_{18} é 114 g/mol, do C_2H_5OH é 46 g/mol e do O_2 é 32 g/mol.

A relação $\frac{Quatidade\ de\ ar}{Quantidade\ de\ combustível}$ de cada combustível é:

(i) Usando apenas octano: $\frac{25\,mols\,0_2}{2\,mols\,C_8H_{18}} = 12{,}5 \quad ou \quad \frac{25\times 32g}{2\times 114g} = \frac{800g\,de\,0_2}{228g\,de\,C_8H_{18}} \cong 3{,}5$

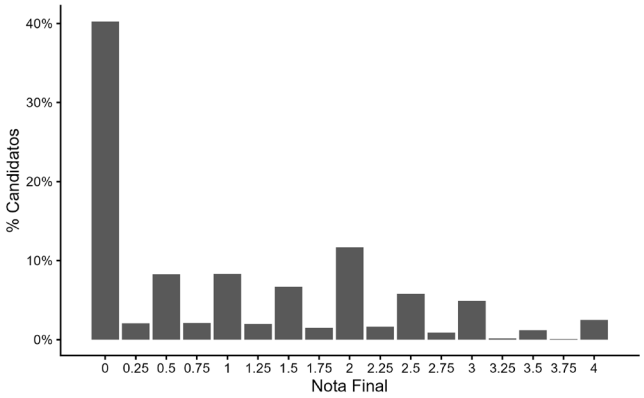
(ii) Usando apenas etanol: $\frac{3\,mols\,0_2}{1mol\,C_2H_5OH} = 3 \quad ou \quad \frac{3\times 32}{46} = \frac{96g\,de\,0_2}{46g\,de\,C_2H_5OH} \cong 2{,}1$

Portanto, a relação $\frac{Quatidade\ de\ ar}{Quantidade\ de\ combustível}$ do octano ou gasolina é maior do que do etanol.

Item b

Volume total do tanque = 60 L. Portanto, um tanque cheio com gasolina com 27% de etanol tem 16,2 L de etanol. A nova gasolina possui 30% de etanol. Portanto: 16,2 L de álcool é obtida utilizando um volume de 54 L da nova gasolina (16,2 L ÷ 0,3 = 54 L da nova gasolina). Assim, é necessário adicionar 6 L de gasolina pura à nova gasolina para atingir o percentual de 27% de etanol. Cada 1 L da nova gasolina (com 30% de etanol) tem 0,7 L de gasolina pura. Portanto, são necessários 8,57 L da nova gasolina para se obter 6 L de gasolina pura, após extração do etanol. Assim, o volume mínimo da nova gasolina que deve ser comprado para completar o tanque com gasolina com 27% de etanol é de 62,57 L (54 L que será adicionado diretamente ao tanque mais 8,57 L, que após extração do etanol, irá render 6 L de gasolina pura, para completar o tanque, diluindo a nova gasolina).

Desempenho dos Candidatos



Os dados estatísticos indicam que aproximadamente 40% dos candidatos não pontuaram nessa questão, enquanto os demais 60% apresentaram distribuição de notas ao longo de toda a escala, até a nota máxima, evidenciando boa capacidade de discriminação entre os candidatos. A questão apresentou índice de discriminação (ID) igual a 0,54, classificado como ótimo, e índice de facilidade (IF) de 0,26, caracterizando-a como difícil. Esse resultado está em consonância com a avaliação prévia das bancas elaboradora e revisora, que classificaram a questão, respectivamente, como difícil e muito difícil.

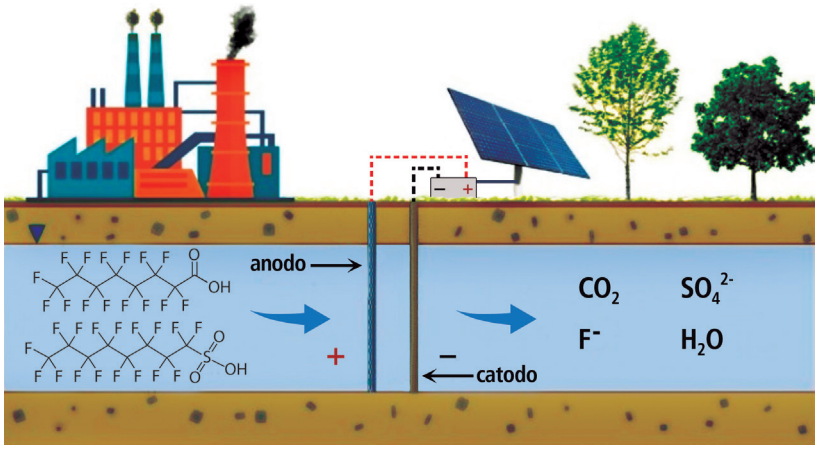
Comentários Gerais

O item (a) solicita, de forma simplificada, a comparação entre as relações quantidade de ar/quantidade de combustível para duas situações: um veículo operando exclusivamente com octano (representando a gasolina) e outro com etanol. Cabe destacar que essa é uma situação idealizada, uma vez que a gasolina comercial é constituída por uma mistura de hidrocarbonetos, e não apenas por octano. Tal simplificação, entretanto, é necessária, pois a consideração da composição real tornaria a resolução excessivamente complexa para o contexto da prova. Como as fórmulas moleculares do octano e do etanol são fornecidas, a resolução exige que o candidato compreenda o conceito de reação de combustão, identifique corretamente seus produtos e seja capaz de escrever e balancear as equações químicas correspondentes. A partir disso, torna-se possível estabelecer e comparar as relações entre a quantidade de ar e de combustível em cada caso. Destacam-se duas dificuldades associadas ao item. A primeira refere-se ao fato do enunciado mencionar "quantidades" sem explicitar se estas devem ser consideradas em mol ou em massa. A segunda decorre da referência à relação ar/combustível, e não diretamente à relação oxigênio/combustível. Tais aspectos podem induzir à hesitação na resolução. Contudo, a primeira questão não compromete a resposta, uma vez que a relação obtida é independente da unidade adotada (massa ou quantidade de matéria). A segunda é resolvida por meio de uma leitura atenta do enunciado, que explicita que a relação ar/combustível é determinada pela estequiometria da reação. Cabe destacar que o conceito central explorado — o balanceamento de equações químicas — está presente de forma implícita, exigindo do candidato maior autonomia na construção da solução. Adicionalmente, o desempenho inferior observado pode ser atribuído à natureza não convencional do enunciado, que não explicita diretamente o caminho de resolução esperado, exigindo a articulação de múltiplos conceitos (combustão, estequiometria e composição do ar). A ausência de indicação explícita das etapas intermediárias pode ter levado parte dos candidatos a dificuldades iniciais de abordagem, comprometendo o desenvolvimento da resolução.

O item (b) envolve conceitos relacionados a misturas, soluções e expressões de concentração, particularmente porcentagem em volume. Trata-se de um problema em que se deseja obter uma solução de etanol a 27% (v/v), a partir de uma gasolina com 30% de etanol e de uma fração de gasolina isenta de etanol, obtida por extração com água. A resolução requer a determinação do volume mínimo de gasolina a 30% necessário para preparar 60 litros de gasolina com 27% de etanol. O enunciado descreve explicitamente o procedimento experimental, de modo que a resolução se concentra na correta interpretação das etapas e na realização dos cálculos correspondentes. Uma abordagem direta consiste em calcular inicialmente o volume de etanol presente em 60 L de gasolina a 27%, correspondente a 16,2 L de etanol, o que equivale a 54 L da mistura a 30%. Para completar o volume final de 60 L, é necessário adicionar 6 L de gasolina sem etanol. Em seguida, determina-se o volume de gasolina a 30% necessário para gerar essa fração isenta de etanol, resultando em aproximadamente 8,57 L. A soma desses volumes conduz a um volume mínimo de aproximadamente 62,57 L de gasolina a 30% inicialmente requerido. Apesar de envolver cálculos relativamente simples, o item apresentou maior grau de dificuldade. Esse resultado pode ser explicado, principalmente, pela estrutura invertida do problema — em que se parte do estado final desejado para determinar a quantidade inicial — e pela necessidade de interpretar corretamente um procedimento experimental descrito em linguagem textual. Além disso, a articulação entre diferentes etapas do raciocínio e o controle simultâneo de variáveis (volume total, fração de etanol e etapas de separação) exigem maior organização lógica, o que pode ter contribuído para o baixo desempenho médio observado entre os candidatos.

QUESTÃO 17

O filme *Dark Waters*, ou *O Preço da Verdade*, de 2019, retrata um processo judicial motivado por uma intensa contaminação ambiental pelo descarte inapropriado do C8, única identificação do composto químico que o advogado sabia no início da acusação formal. Essa contaminação havia sido promovida por uma indústria, a partir de um lago de decantação. Hoje, essa substância, assim como alguns de seus "parentes" próximos estão presentes na maioria dos ambientes aquáticos mundo afora. Devido à sua alta estabilidade, essas substâncias apresentam alta persistência ambiental e ausência de vias naturais eficazes de degradação. Além disso, são altamente maléficas à saúde humana e de outros animais, como mostra o filme. Para responder aos itens (a) e (b), considere essas informações e a figura abaixo.



a) Interprete a figura ao lado e indique: (i) objetivo e resultados esperados no processo representado e (ii) método químico utilizado. Além disso, **nomeie** as substâncias do lado esquerdo da figura. Use a nomenclatura usual, não necessariamente a nomenclatura IUPAC.

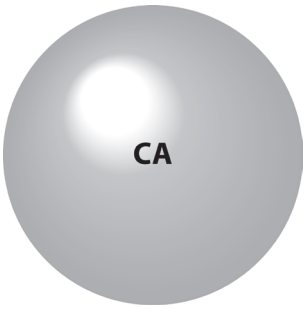
b) Estudos mostram que carvão ativo (CA), com ou sem carga, é capaz de adsorver quantidades semelhantes, em meio aquoso e pH 7, das substâncias orgânicas apresentadas à esquerda, na figura acima. Levando em consideração esses fatos e as interações entre essas substâncias e a superfície do CA, complete as figuras no campo de resposta, desenhando a orientação da molécula da substância orgânica em relação à superfície de cada partícula de CA. Escolha uma das substâncias orgânicas de modo a representar corretamente o relatado e nomeie, em cada caso, o tipo de interação química dominante.

Dado: pKa das substâncias orgânicas menor que 4.

b)



Tipo de Interação:



Tipo de Interação:

Objetivo da Questão

Essa questão objetivou avaliar o domínio dos candidatos sobre conteúdos de Química Orgânica, em especial o reconhecimento de funções orgânicas — como hidrocarbonetos, compostos halogenados e ácidos carboxílicos — econceitos relacionados às interações intermoleculares, com destaque para interações de Van der Waals, ligações de hidrogênio e noções de equilíbrio químico em meio aquoso. Esses conteúdos foram contextualizados a partir de uma problemática contemporânea de grande relevância, relacionada à contaminação ambiental por compostos perfluorados (PFOAs), evidenciando o papel da Química na compreensão e mitigação de impactos ambientais.

A questão foi estruturada de modo a explorar, em uma abordagem conceitual aplicada, estratégias de minimização ou remediação de contaminantes persistentes, ressaltando que, uma vez estabelecida a contaminação ambiental, sua reversão completa é inviável, sendo, portanto, fundamental o desenvolvimento de soluções científicas para reduzir seus efeitos. Nesse contexto, foi avaliada a capacidade dos candidatos de reconhecer a identidade química do contaminante e compreender princípios associados a técnicas de tratamento, como processos eletroquímicos potencialmente acoplados a fontes de energia renovável. Adicionalmente, foram explorados conceitos de interações intermoleculares aplicados a processos de adsorção, amplamente utilizados na remoção de poluentes em sistemas líquidos e gasosos, incluindo o uso de materiais adsorventes naturais e modificados.

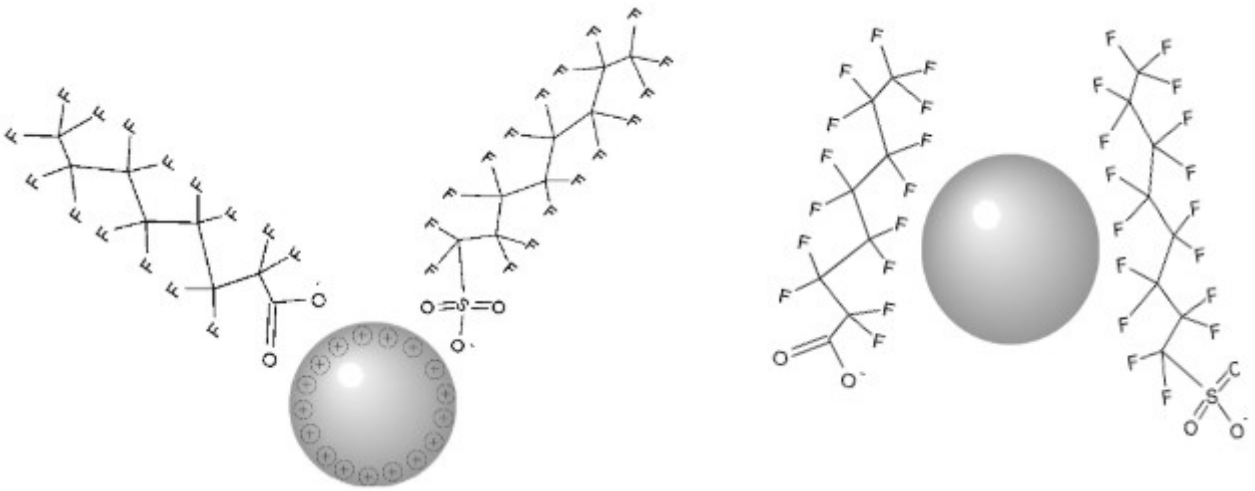
Por fim, a questão evidenciou o caráter interdisciplinar da Química Ambiental, articulando conhecimentos com áreas como saúde, biologia e física, especialmente no que se refere aos impactos de contaminantes em organismos vivos e aos fundamentos físico-químicos envolvidos em técnicas de remediação, contribuindo para uma formação científica integrada e contextualizada.

Resposta Esperada

Item a

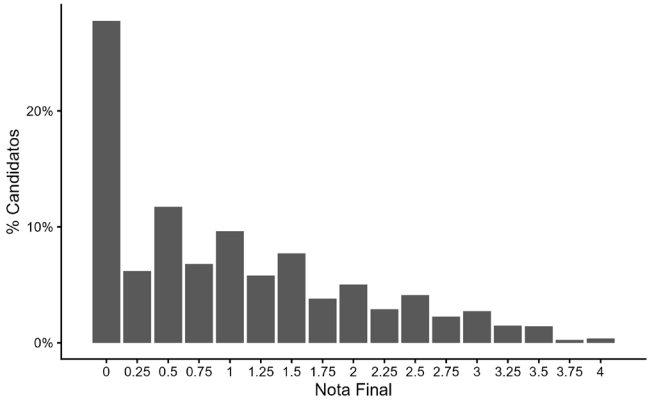
(i) O objetivo é a decomposição de compostos organofluorados, contaminantes presentes na água, altamente tóxicos. O resultado esperado é a eliminação ou minimização da quantidade dessas substâncias maléficas à saúde humana e de outros animais e a redução do impacto ambiental. (ii) Foi utilizado um método de decomposição eletroquímico empregando energia renovável. As substâncias alvo do processo em questão são ácidos orgânicos polifluoretados, denominados PFAS, no caso o ácido perfluorooctanóico (PFOA) e o ácido perfluoro octanossulfônico (PFOS).

Item b



Tipo de interação: **eletrostática** ou atração entre as cargas negativas dos compostos químicos citados na forma aniônica (pKa < 4) e o CA carregado positivamente.	Tipo de interação: **van der Waals** ou interações fracas tais como forças de dispersão de London ou dipolo-dipolo induzido.

Desempenho dos Candidatos



A banca esperava um desempenho mais elevado no item (a), o que de fato se confirmou em relação ao item (b), embora ainda aquém do esperado, considerando que o enunciado abordava aspectos conceituais mais gerais e fornecia informações relevantes para a construção da resposta. Para o item (b), por sua vez, havia maior incerteza quanto ao desempenho dos candidatos. Caso a superfície do carvão ativado fosse interpretada de forma simplificada, como uma estrutura com presença ou ausência de cargas, seria possível antecipar um desempenho mais elevado. No entanto, ao considerar essa superfície como uma incógnita, exigindo maior abstração e integração conceitual, o desempenho tenderia a ser significativamente inferior, o que parece ter ocorrido. Esse comportamento é recorrente em avaliações desse tipo, nas quais se observa dificuldade dos candidatos em transferir conhecimentos previamente adquiridos para situações análogas, porém não familiares, como se o problema apresentado fosse completamente inédito. Cabe destacar que a questão se situa em um nível mais elevado de exigência não em termos de conteúdo, mas na capacidade de aplicação do conhecimento em novos contextos. A questão apresentou índice de discriminação (ID) igual a 0,49, classificado como bome índice de facilidade (IF) de 0,25, caracterizando-a como difícil. Esse resultado está em consonância com a avaliação prévia das bancas elaboradora e revisora, que classificaram a questão, respectivamente, como difícil e muito difícil. A média obtida foi de 1,0 ponto em um total de 4,0, fortemente influenciada pelo desempenho no item (a), considerado mais acessível pela banca elaboradora. Por outro lado, o item (b), foi concebido como mais desafiador, em função da necessidade de articular múltiplos conceitos apresentados de forma integrada, situação pouco frequente na prática didática dos estudantes. Adicionalmente, observa-se que cerca de 53% dos candidatos obtiveram notas inferiores a 1,0 ponto,

sendo que aproximadamente metade desse grupo não pontuou na questão. Considerando a natureza do item (a), não se esperava uma incidência tão elevada de notas zero, o que reforça a hipótese de dificuldades na interpretação e na aplicação dos conceitos básicos. Em contrapartida, esse resultado é mais compatível com o grau de complexidade do item (b), que demanda a mobilização de conhecimentos em um contexto pouco familiar, situando-se em níveis mais elevados da taxonomia de Bloom, especialmente no que se refere à análise e à aplicação.

Comentários Gerais

Item a

Este item solicita a leitura e interpretação de uma figura que representa um processo eletroquímico de remediação de contaminação de um corpo hídrico por compostos do tipo PFOA, em consonância com o texto introdutório e com o contexto apresentado no filme Dark Waters. A leitura atenta do enunciado já fornece subsídios importantes para a resolução, uma vez que menciona a substância inicialmente identificada como "C8", o que pode ser interpretado, do ponto de vista químico, como uma cadeia carbônica contendo oito átomos de carbono, coerente com a estrutura do ácido perfluorooctanoico ilustrada na figura. Adicionalmente, a própria figura apresenta informações suficientes para a identificação genérica dos compostos, por meio de suas fórmulas estruturais, dispensando conhecimentos aprofundados de nomenclatura. Ainda assim, a correta interpretação requer domínio de nomenclatura química básica, o que pode ter representado uma dificuldade adicional para parte dos candidatos. A resolução do item exige, portanto, a integração entre o texto e os elementos visuais, como a presença da fonte de contaminação (indústria), a dispersão dos poluentes no meio aquoso, o esquema de tratamento eletroquímico (incluindo fluxo indicado por setas, uso de energia elétrica — preferencialmente limpa — e transformação dos contaminantes em espécies de menor impacto ambiental), além da representação de um sistema análogo a uma equação química (reagentes e produtos). Também se destaca a representação final de um ambiente recuperado após o tratamento. Embora tenha sido considerado um item de menor complexidade conceitual pela banca, exigindo predominantemente habilidades de interpretação, alguns erros recorrentes foram observados. Entre eles, destacam-se: (i) a não associação entre o termo "C8" e a estrutura apresentada na figura; (ii) dificuldades relacionadas à nomenclatura química básica; (iii) dificuldade em identificar o objetivo do processo representado (remediação ambiental); (iv) descrição incompleta ou superficial do método eletroquímico, sem menção ao papel da energia elétrica; e (v) dificuldade em reconhecer a transformação dos poluentes em produtos menos nocivos, limitando-se a descrições genéricas sem base nos elementos fornecidos pela figura.

Item b

O item (b) solicita a representação da orientação de uma molécula do contaminante em relação à superfície de partículas de carvão ativado, considerando condições de pH = 7. São apresentadas duas superfícies: uma sem carga e outra com carga positiva. O enunciado informa que os compostos possuem pKa menor que 4, o que implica que, em pH 7, encontram-se majoritariamente na forma aniônica (desprotonada), ou seja, carregados negativamente. Também é indicado que a adsorção ocorre em ambos os tipos de superfície. Nesse contexto, espera-se que o candidato reconheça que, na superfície carregada positivamente, ocorre interação eletrostática entre a extremidade negativa da molécula e o carvão ativado. Já na superfície sem carga, predominam interações intermoleculares mais fracas, como forças de dispersão de London ou interações do tipo dipolo induzido. A resolução do item exige, portanto, a correta interpretação do estado de ionização da molécula, bem como a identificação dos tipos de interação química envolvidos. Os erros mais comuns observados incluíram: (i) não consideração do valor de pKa e, consequentemente, da forma aniônica da molécula em pH 7; (ii) representação incorreta ou aleatória da orientação da molécula em relação à superfície; (iii) indicação equivocada do tipo de interação, com confusão entre interações eletrostáticas e ligações químicas; e (iv) dificuldade em compreender que a adsorção pode ocorrer mesmo na ausência de carga na superfície, levando alguns candidatos a desconsiderarem completamente esse caso. De modo geral, evidenciou-se dificuldade na aplicação de conceitos de equilíbrio ácido-base e interações intermoleculares em um contexto não convencional.

QUESTÃO 18

O cálcio é o elemento metálico mais abundante em nosso corpo. Esse elemento está presente na constituição de nossos ossos, sendo vital em inúmeros processos fisiológicos, atuando, por exemplo, como cofator enzimático e na contração muscular. Dessa forma, conhecer corretamente as diferentes formas em que o cálcio se encontra no sangue torna-se uma ferramenta fundamental na avaliação da saúde humana e animal. Nesse contexto, responda aos itens (a) e (b).

a) Quando o cálcio iônico (livre) extracelular não está no nível normal, alguns mecanismos internos são disparados para corrigir o problema. Em um dos casos, há um aumento rápido da secreção de PTH (hormônio da paratireoide) e um consequente aumento no nível de mRNA para a síntese de PTH. O PTH mobiliza o cálcio ósseo, aumentando o fluxo de cálcio do osso para a circulação sanguínea; reduz a excreção renal de cálcio, e aumenta a produção do metabólito $1,25(OH)_2D_3$ a nível renal. Esse metabólito ativo da vitamina D, por sua vez, age no intestino, aumentando a absorção do cálcio proveniente da dieta. Os mecanismos regulatórios internos citados são utilizados para o caso de uma pessoa com problema de hipocalcemia ou hipercalcemia? Justifique.

b) No cálcio sanguíneo total (Ca^{2+} total), há três frações em equilíbrio: o Ca^{2+} livre, o Ca^{2+} ligado a proteínas e o Ca^{2+} ligado a ânions como lactato, fosfato, entre outros. No entanto, apenas o Ca^{2+} livre (cerca de 50% do Ca^{2+} total em condições normais) é fisiologicamente ativo, sendo um importante fator na avaliação da saúde de uma pessoa. Assim, a concentração de Ca^{2+} livre, quando não é medida diretamente, é calculada como sendo 50% da concentração de Ca^{2+} total. No entanto, há duas situações clínicas em que esse cálculo não pode ser usado com exatidão: (i) quando a concentração de proteína sérica é anormal e (ii) quando a pessoa apresenta uma perturbação no equilíbrio ácido-base sanguíneo. Justifique, no campo de resposta, por que o Ca^{2+} livre não pode ser calculado a partir do Ca^{2+} total em cada uma das situações levando em conta o conceito de equilíbrio químico.

Dado: Ca^{2+} total = Ca^{2+} livre + Ca^{2+} ligado a proteínas + Ca^{2+} ligado a ânions.

Objetivo da Questão

Nessa questão, objetivo foi avaliar o letramento científico dos candidatos, articulado ao domínio de conceitos de equilíbrio químico, com ênfase em sistemas em equilíbrio, equilíbrios ácido-base e no Princípio de Le Chatelier, aplicados a um contexto do cotidiano relacionado à regulação do cálcio iônico no sangue. A questão foi construída para explorar, a partir de uma abordagem conceitual e contextualizada, os mecanismos bioquímicos envolvidos no controle da concentração de cálcio no organismo, evidenciando a importância do conhecimento químico para a compreensão de processos associados à saúde humana e animal. Esperava-se que os candidatos fossem capazes de interpretar situações reais à luz dos princípios de equilíbrio químico, reconhecendo como variações em parâmetros do sistema podem deslocar equilíbrios e afetar a disponibilidade de espécies químicas em meio biológico. Adicionalmente, a questão apresenta caráter interdisciplinar, estabelecendo conexões com áreas como biologia e medicina, ainda que os itens não exigissem conhecimentos específicos dessas áreas, mas sim a aplicação de conceitos químicos fundamentais em um contexto biológico. Dessa forma, foi avaliado não apenas o domínio conceitual, mas também a capacidade de transposição e aplicação do conhecimento químico em situações contextualizadas e relevantes.

Resposta Esperada

Item a

A partir do texto, fica evidente que os mecanismos regulatórios internos, citados acima, são utilizados para o caso de uma pessoa estar com hipocalcemia, ou seja, aumento do fluxo de cálcio do osso para a circulação sanguínea, redução da excreção renal de Ca^{2+} e aumento da produção do metabólito 1,25(OH)2D3.

Item b

i) Quando a concentração de proteína sérica é anormal. Exemplo com base em equilíbrio químico:

$$Ca^{2+} + (\text{Proteína}) = [\text{Ca-Proteína}]$$

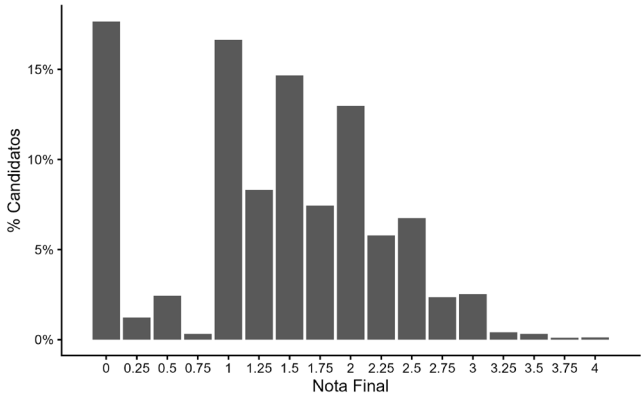
Nesse caso, se a concentração de proteína é anormal, o equilíbrio é afetado. Caso a concentração de proteína aumente, a concentração de Ca^{2+} livre diminui. Se a concentração de proteína diminui, então a concentração de Ca^{2+} livre será maior.

ii) quando a pessoa apresenta uma perturbação no equilíbrio ácido-base sanguíneo: se ocorre um aumento de acidez (acidose), a concentração de ânions livres (fosfato e lactato) no sangue diminui, pois o equilíbrio será deslocado no sentido de formação das espécies protonadas:

$A^-_{(aq)} + H^+_{(aq)} = HA_{(aq)}$, na qual A^- representa os ânions fosfato e lactato.

Portanto, a concentração de Ca^{2+} livre deve ser maior. Já em um processo de diminuição da acidez (alcalose), ocorre o contrário: diminuição do Ca^{2+} livre.

Desempenho dos Candidatos



Os dados estatísticos mostram que aproximadamente 20% dos candidatos não pontuaram nesta questão, com 70% dos candidatos com nota distribuída entre 1 e 3 pontos, com uma pequena porcentagem acertando integralmente a questão. A questão apresentou índice de discriminação (ID) igual a 0,35, classificado como bom, e índice de facilidade (IF) de 0,34, caracterizando-a como difícil. Esse resultado está em consonância com a avaliação prévia das bancas elaboradora e revisora, ambas classificando a questão como difícil.

Comentários Gerais

Item a

Esse item envolve letramento científico em nível elementar, uma vez que todas as informações necessárias para a resolução estão apresentadas de forma direta no enunciado, sem inversões ou dados irrelevantes. Além disso, por se tratar de uma escolha entre duas possibilidades, espera-se que a argumentação construída pelo candidato seja consistente e convergente, ou seja, que todos os elementos utilizados na justificativa apontem para a mesma conclusão. Nesse contexto, a principal exigência do item não reside em conhecimento químico específico, mas na capacidade de organizar uma explicação coerente, clara e fundamentada a partir das informações fornecidas. Observou-se, entretanto, que a maior dificuldade dos candidatos esteve justamente na elaboração dessa justificativa. Os erros mais frequentes incluíram: (i) respostas incompletas, sem explicitação clara da escolha realizada; (ii) justificativas genéricas ou desconectadas das informações do enunciado; (iii) ausência de encadeamento lógico entre os argumentos apresentados; e (iv) uso de termos científicos de forma imprecisa, comprometendo a clareza da resposta.

Item b

Esse item exige maior domínio conceitual, envolvendo aspectos semiquantitativos de equilíbrio químico, frequentemente associados ao Princípio de Le Chatelier. O enunciado fornece informações relevantes sobre a distribuição das espécies de cálcio no sangue e suas possíveis formas de complexação, mas não explicita diretamente o papel do equilíbrio ácido-base no sistema, que constitui o ponto central da análise proposta. Diferentemente de abordagens mais simplificadas, comuns no ensino médio — em que equilíbrios são frequentemente tratados envolvendo apenas duas espécies e perturbações diretas —, este item demanda a compreensão de um sistema mais complexo, com múltiplos equilíbrios interdependentes. Essa característica eleva o nível de exigência conceitual e de interpretação. Os erros mais comuns observados incluíram: (i) desconsideração do papel do pH e da concentração de íons H^+ no deslocamento dos equilíbrios; (ii) análise parcial do sistema, considerando apenas uma das formas de cálcio; (iii) aplicação mecânica e incorreta do Princípio de Le Chatelier, sem conexão com o contexto biológico apresentado; e (iv) respostas descritivas, sem articulação clara entre causa (perturbação do sistema) e efeito (deslocamento do equilíbrio). Muitos candidatos não conseguiram integrar as diferentes informações fornecidas, tratando o sistema de forma fragmentada.

De modo geral, a banca esperava um desempenho mais elevado em ambos os itens, especialmente no item (a), considerado mais acessível, o que se confirmou apenas parcialmente. O desempenho inferior nesse item esteve associado, principalmente, à dificuldade na construção de justificativas claras e logicamente estruturadas. No item (b), além da complexidade inerente ao sistema de equilíbrio, observou-se uma dificuldade adicional não plenamente antecipada, relacionada à compreensão do papel do íon H^+ nos equilíbrios envolvidos, o que impactou negativamente o desempenho dos candidatos.