



# PROVA COMENTADA

2ª FASE • DIA 2 • CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / SAÚDE  
BIOLOGIA  
QUÍMICA

## INTERDISCIPLINAR COM CIÊNCIAS HUMANAS

A prova interdisciplinar Ciências Humanas contém duas questões que mobilizam conhecimentos tanto do campo da História como das Artes para a interpretação de elementos de texto e imagem.

Foram trabalhadas as seguintes habilidades do programa do vestibular 2022: 1. compreender de forma crítica documentos históricos de múltiplas naturezas (textual, iconográfico, cartográfico, material, entre outros), produzidos por diferentes atores sociais; 2. relacionar os documentos históricos aos seus contextos de produção e sentidos em relação aos tempos históricos em que estão inseridos, estabelecendo relações e conceitos com aderência e pertinência histórica. Os eixos norteadores dos recortes temáticos estiveram informados pela leitura crítica do documento histórico e análise reflexiva dos contextos em questão, em ambas as questões.

Optou-se por conjugar texto e imagem no processo de elaboração das duas questões para que os candidatos tivessem condições de se aproximar do contexto histórico em que os respectivos registros iconográficos haviam sido produzidos. Portanto, não utilizamos a imagem na prova como ilustração, mas abrimos possibilidades para a interpretação da sua construção, significados e usos no meio social e político em que circularam.

### Questão 1

Na virada do século XIX para o XX, o Modernismo se constrói com base em um conjunto de ideias que vinha transformando a cultura e a sensibilidade europeias. Predominava o imaginário de ruptura e de libertação do passado, visto como um fardo a ser abandonado. Essa percepção do modernismo como urgência de uma demanda de tornar-se novo foi particularmente experimentada no Brasil.

Realizada no Teatro Municipal de São Paulo, nos dias 13, 15 e 17 de fevereiro de 1922, a Semana de Arte Moderna assumiu o papel de acontecimento fundador do moderno Brasileiro. Desde o início do século XX, porém, movimentos culturais relacionados ao advento de uma sensibilidade modernista vinham acontecendo em diversas cidades brasileiras. Ocorre que as dinâmicas e os ritmos culturais desses lugares não necessariamente condiziam com o perfil urbano e industrial-tecnológico de São Paulo. A coexistência do arcaico e do moderno, marcando distintas temporalidades, era uma realidade na vida cultural brasileira. (...) Assim, criar o “novo” significava construir vínculos de pertencimento com o repertório das tradições populares. O novo jamais é inteiramente novo.

(Adaptado de M. Velloso, *História e Modernismo*. Belo Horizonte: Autêntica, 2010, pp. 20, 21, 28.)

- a) As interpretações sobre o modernismo enquanto movimento cultural e artístico não raro se concentram em pares de conceitos polarizados como tradicional/moderno ou local/internacional. Identifique, para cada conceito indicado na tabela (que aparece no espaço da resposta), um elemento presente na imagem. Não repita elementos nas células.
- b) A obra de Ismael Nery é representativa do modernismo no Brasil. Com base na leitura do texto e na análise da imagem, identifique e analise a distinção entre o modernismo na Europa e no Brasil.



Ismael Nery (Belém 1909 – Rio de Janeiro 1934), *Autorretrato*, óleo sobre tela, 129 x 84 cm, 1927, coleção particular.

a)

Tradicional	Local
Moderno	Internacional

## Objetivo da Questão

O recorte temático privilegiou o tópico do programa do Vestibular Comvest 2022, intitulado "A República no Brasil até 1930: política, movimentos sociais, economia, crises e cultura", referente ao período contemporâneo. Por meio dele, trabalhou-se de forma densa a habilidade 1 ("compreender de forma crítica documentos históricos de múltiplas naturezas (textual, iconográfico, cartográfico, material, entre outros), produzidos por diferentes atores sociais").

Conforme apontado pelo parecer elaborado pelo revisor de área, a abordagem proposta está ancorada nas tendências historiográficas mais recentes que questionam a centralidade de São Paulo no desenvolvimento de expressões culturais e artísticas modernas e buscam valorizar uma maior variedade de percursos e visões do modernismo em diferentes regiões do Brasil. A obra de Ismael Nery representa parte uma narrativa alternativa do modernismo brasileiro, não conectada ao programa paulista ligado ao manifesto Antropofágico, e à valorização de temas do folclore brasileiro.

Além dos diálogos entre Artes e História, a questão incentiva diálogos com a Geografia, ao situar a questão em um enquadramento que problematiza centro e periferia, tanto considerando Europa e Brasil como territorialidades diversas dentro do país.

## Resposta Esperada

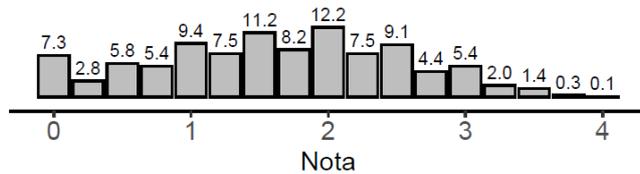
a)

Tradicional	Local
<ul style="list-style-type: none"> <li>– autorretrato, como gênero de pintura;</li> <li>– figuração em estilo mais realista do lado esquerdo, com linhas mais definidas;</li> <li>– paisagem enquanto gênero pictórico;</li> <li>– cena da esquerda em perspectiva;</li> <li>– cadeira de modelo tradicional de palhinha e torneada;</li> <li>– casas de tipo colonial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– atmosfera mais vívida e contrastante, típica de um país tropical;</li> <li>– natureza tropical, litorânea (presença de coqueiros, palmeiras, praia);</li> <li>– paisagem carioca (pão de açúcar);</li> <li>– figura feminina sensual, dançando.</li> </ul>
Moderno	Internacional
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Torre Eiffel (engenharia moderna) - aglomerados urbanos;</li> <li>– moda europeia (blusa de gola alta);</li> <li>– composição geométrica e tendendo ao abstrato;</li> <li>– sobreposição de imagens.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Torre Eiffel;</li> <li>– paisagem de Paris;</li> <li>– paisagem urbana;</li> <li>– atmosfera mais enevoada, menos definida, sugerindo um clima temperado;</li> <li>– referências ao cubismo, à abstração;</li> <li>– moda europeia (blusa de gola alta).</li> </ul> <p>* embora a banca esteja indicando "Torre Eiffel" e moda europeia como elementos presentes na imagem tanto para o conceito de "Moderno" quanto para o conceito de "Internacional", o enunciado pede que os candidatos "não repita[m] elementos nas células."</p>

b) No contexto Europeu, o modernismo se desenvolve na esteira do iluminismo e das revoluções francesa e industrial, marcado por um forte desejo de ruptura com os referenciais culturais do passado, e um interesse pelo novo. Esta necessidade de renovação e negação da arte acadêmica é sentida também no Brasil, mas o que distingue a experiência nacional é a particularidade dos processos de modernização na América Latina, que incluíam a busca por uma arte que valorizasse tradições e características nacionais, bem como uma negociação com o passado e com as diferentes realidades locais de um país tão extenso. Neste sentido, o modernismo brasileiro se caracteriza por uma coexistência entre o velho e o novo, e pela variedade de ritmos do processo de modernização. A obra de Ismael Nery ilustra muito bem esta complexidade da situação brasileira, representando o artista dividido entre o universo europeu, do lado direito, com grande foco nos centros urbanos e sua sede por inovação, e o universo local brasileiro, do lado esquerdo, com sua paisagem tropical exuberante e fortes elementos do passado colonial.

## Desempenho dos Candidatos

%



Nota-se uma grande dispersão das notas, com concentração das médias no intervalo que vai de 1 a 2,5. A nota média obtida no item A foi 1,0 e a nota média obtida no item B foi 1,63. O desempenho mais elevado no item B pode ser explicado pelo fato de os candidatos terem tido

mais facilidade para interpretar o texto do que a imagem, que foi enfatizada no item A. Tendencialmente, no currículo da educação básica, a habilidade para ler e interpretar texto é mais valorizada do que o desenvolvimento da interpretação cuidadosa de elementos da cultura visual. A leitura de imagens é uma habilidade relativamente pouco explorada em sala de aula e o contato com obras de arte, bastante limitado. A dimensão profundamente visual da sociedade contemporânea demanda o desenvolvimento de uma cada vez maior habilidade de leitura crítica de imagens.

Em geral, pode-se afirmar que os candidatos obtiveram um rendimento médio, mas satisfatório na questão, talvez por conta da visibilidade que o tema modernismo adquiriu no debate público, com desdobramento na oferta de resumos e conteúdo audiovisual na internet, possibilitando que os candidatos contornassem, ainda que parcialmente, as dificuldades impostas pela pandemia.

## Comentários Gerais

No item A, os acertos mais comuns foram aqueles que citaram elementos iconográficos facilmente reconhecíveis na obra, como as casas de tipo colonial e a cadeira, no lado esquerdo e a Torre Eiffel e prédios altos, no lado direito.

No item B, o acerto mais comum foi aquele que diferenciava o modernismo brasileiro do europeu enfatizando, respectivamente, a falta de rompimento total com padrões do passado e sua conciliação com aspectos da modernidade; e a ruptura mais marcada com o passado, no caso do modernismo europeu.

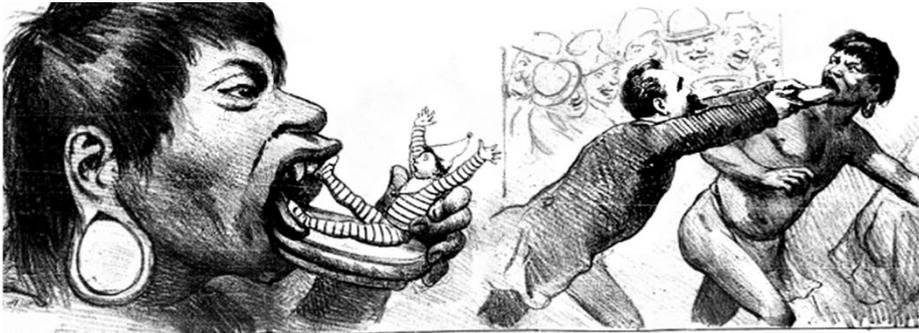
Quanto aos erros, foi muito comum, no item A, a descrição genérica de itens da obra que não caracterizariam propriamente o trabalho de Ismael Nery ou elementos presentes de fato na imagem, em relação ao enquadramento proposto pela questão e seu comando. Por exemplo: uso do termo “Rio de Janeiro” ou “miscigenação” como elemento local, ou referências a “linha reta” como elemento moderno e “vanguarda” como elemento internacional.

Os erros mais comuns foram, no item B, aqueles que não conseguiram apontar concretamente os elementos que diferenciaram o modernismo brasileiro do europeu, conforme pedia o comando. Por exemplo, menção genérica à valorização da “beleza natural”, ou propor a ideia de uma ruptura com a Europa, no modernismo brasileiro. Outro erro comum foi a elaboração de afirmações que repetiam basicamente os elementos do enunciado, apenas passando-o da sentença interrogativa para afirmativa.

No processo de elaboração, a banca previa que esta fosse uma questão Média por conta dos elementos de contextualização fornecidos pelo conjunto imagem e texto. Além disso, o tema do modernismo vem sendo debatido intensamente nos meios de comunicação e redes sociais por conta da efeméride da semana de Arte Moderna de 1922. Espera-se que isso, a despeito dos impactos da pandemia, tornasse o tema mais próximo dos candidatos. Com base nos indicadores que demonstram o desempenho dos candidatos, pode-se afirmar que a previsão se confirmou. O IF ficou em 0,407, sendo considerado Médio.

Chama atenção o percentual de candidatos que obteve notas zero, 7,3% das notas, considerando que a imagem e o excerto oferecem boas condições para a realização da questão. Uma leitura atenta da obra de Ismael Nery, por exemplo, poderia contribuir para a elaboração parcial das respostas, sobretudo no item A. Atribuímos estes fatores aos possíveis impactos da pandemia no processo de ensino e a pouca aprendizagem envolvendo interpretação de imagens na educação básica ao longo dos dois últimos anos.

## Questão 2



Mas também quando a gente se lembra que eles assentam um pobre cristão naquele prato que travam no beijo e o engolem como se fosse feijoadada!... Que horror!

Mas quem diria! Esses antropófagos é que ficaram com medo de serem devorados pela curiosidade pública. Só a muito custo o diretor do Museu impediu que eles fugissem."

**Transcrição da primeira legenda:** "Mas também, quando a gente se lembra que eles assentam um pobre cristão naquele prato que travam no beijo e o engolem como se fosse feijoadada!... Que horror!"

**Transcrição da segunda legenda:** "Mas quem diria! Esses antropófagos é que ficaram com medo de serem devorados pela curiosidade pública. Só a muito custo o diretor do museu impediu que eles fugissem."

(Angelo Agostini, Charge sobre a Exposição Antropológica, *Revista Ilustrada*, n. 310, 1882, p. 4-5.)

"A Exposição Antropológica Brasileira, ocorrida em 1882, insere-se no quadro das grandes Exposições Internacionais, bem como das exposições etnográficas desenvolvidas ao longo do século XIX. Marcadas pela prática colecionista e pela ambição de conhecer, colonizar e categorizar o mundo, as exposições etnográficas expunham objetos e muitas vezes pessoas de culturas exóticas e distantes. Na ocasião, sete índios botocudos, acompanhados de intérprete, foram enviados para o Rio de Janeiro com a finalidade de serem expostos ao público e também estudados pelos pesquisadores do Museu Nacional.

Os Botocudos pareciam estar ali para performar o mito do primeiro contato ao serem apresentados como selvagens, bárbaros, violentos e grotescos. Apesar de terem vivido no aldeamento do Mutum, portanto sob o jugo e tutela do Estado, foram lidos pelos habitantes da corte como se estivessem tendo seu primeiro contato com os brancos naquele momento, já que, segundo os jornais, estavam com medo e queriam fugir. Nessa exposição os Botocudos representavam por definição "o outro", a imagem que espelha exatamente o contrário do Brasil civilizado."

(Adaptado de Marina Cavalcanti Vieira, "A Exposição Antropológica Brasileira de 1882 e a exibição de índios botocudos: performances de primeiro contato em um caso de zoológico humano brasileiro", in *Horizontes antropológicos*, n. 53, 2019, p. 317-357.)

- Considerando o contexto das exposições da época, explique qual o objetivo de apresentar os indígenas em um zoológico humano durante a Exposição Antropológica, de 1882. Analise criticamente a proposta da Exposição.
- Há uma contradição entre os estereótipos sobre os Botocudos representados na charge e sua situação concreta no contexto de 1882. Relacionando a imagem com o excerto, identifique os atores das ações violentas na charge e explique essa contradição.

### Objetivo da Questão

O objetivo foi avaliar a habilidade de "relacionar os documentos históricos aos seus contextos de produção e sentidos em relação aos tempos históricos em que estão inseridos", conforme programa de conteúdos Comvest 2022. Dentro desta habilidade, abordamos o recorte temático do que trata de uma "história não eurocêntrica: povos, sociedades e culturas em um contexto plural". Para tanto, foi fornecida uma charge de Angelo Agostini, de 1882, que elaborava uma crítica aos ideários de civilização dos organizadores da Exposição Antropológica de 1882 por meio da violência que promoveram contra os indígenas expostos à curiosidade do público. Propôs-se que a leitura da charge estivesse apoiada no excerto do artigo de Marina Cavalcanti Vieira que situava a exposição dentro de um quadro histórico mais amplo em que ocorreram as exposições internacionais do século XIX. Em geral, o candidato deveria realizar uma análise crítica da Exposição Antropológica de 1882, com base nos elementos da charge.

Os eixos temáticos do programa Vestibular Comvest 2022 foram: Pensamento e cultura no século XIX: filosofia, arte e política; o Brasil no século XIX – da chegada da corte portuguesa à proclamação da República: aspectos políticos, econômicos, sociais e culturais; Intelectuais, imprensa e protagonismos político-culturais nas Américas.

Conforme apontado pela revisão de conteúdo, a questão está de acordo com pesquisas consolidadas na área de História e Artes dos últimos anos. Destaca-se, por exemplo, os avanços no campo de conhecimento que revelam o papel da ciência na consolidação do racismo científico, promovido por potências coloniais do século XIX e XX, e seus impactos nos países independentes da América Latina. Em relação ao campo das Artes, dialoga-se com contributos do campo que estuda criticamente a produção de charges em diversos períodos históricos e as disputas ideológicas em torno da representação gráfica de diferentes atores sociais.

A reflexão proposta pela questão contribui para uma compreensão crítica da formação histórica do racismo no Brasil e promoção de uma educação emancipadora.

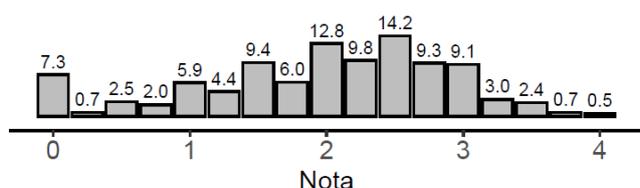
## Resposta Esperada

a) O próprio enunciado define as exposições etnográficas, criadas na Europa pelas pela chamada ciência moderna, como eventos marcados "pela prática colecionista e pela ambição de conhecer, colonizar e categorizar o mundo". Trata-se, portanto, de um tipo de evento criado por europeus para que o público e os cientistas deste continente pudessem entrar em contato com pessoas e objetos do mundo que não conheciam até então. A Exposição Antropológica de 1882 foi realizada no Brasil, inspirada naquele modelo. A presença dos indígenas tinha por objetivo enquadrá-los dentro de estereótipos que ressaltassem aspectos de seus modos de vida e aparência física que eram considerados exóticos. A exposição buscava promover e saciar a curiosidade do público branco e dos pesquisadores brancos em relação aos nativos. Isso desumanizava os indígenas, afastando-os do ideário de civilização almejado pelo Brasil ao enquadrá-los em categorias de exotismo. No limite, o objetivo era compará-los com os descendentes de europeus e confirmar preconceituosa e artificialmente a ideologia que defendia a superioridade do homem branco e cristão. Deste modo a elite do Brasil entraria na modernidade, encenando aqui eventos que vinham acontecendo na Europa.

b) Na primeira imagem, o indígena é representado como um feroz devorador de pessoas, sendo ele o ator da ação violenta. Na segunda imagem, o indígena é representado como um sujeito assustado que tenta se desvencilhar de forma enérgica do branco de fraque, supostamente o diretor do museu, que o segura pelo disco labial, enquanto o público se diverte ao fundo. O diretor do museu e o público seriam, portanto, os atores da ação violenta. O próprio enunciado menciona que os indígenas presentes na Exposição vieram do aldeamento do Mutum – eram, portanto, indígenas já há bastante tempo em contato e convívio com os brancos e o Estado brasileiro. Tal informação contradiz tanto a imagem 1, em que são antropófagos ferozes bestializados, quanto a imagem 2, em que são selvagens ingênuos e amedrontados diante da presença de brancos. OBS: O aldeamento do Mutum foi criado por D. Pedro II em 1859 com objetivo de catequizar e civilizar os indígenas. Na data da exposição, portanto, estavam já há 23 anos em relação intensa com os brancos brasileiros. Em síntese, considerando elementos do texto e da imagem, a contradição está no fato de os botocudos já viverem em contato com o homem branco, não sendo o antropófago em primeiro contato com o público, e no fato de os atores violentos serem, na verdade, os organizadores da exposição e o público que devora os botocudos. Seria possível, assim, questionar o ideal de civilização dos brancos.

## Desempenho dos Candidatos

‰



Em geral, nota-se um bom desempenho dos candidatos, talvez em razão de o enfoque da questão ser a interpretação de texto e imagem. As notas ficaram bem distribuídas na escala 1-4, com ligeira concentração entre as notas 2 e 3 e baixíssimo índice de notas 4. Chama atenção o percentual de 7,3% de notas 0 numa

questão de Humanidades que cobrava basicamente interpretação de texto e imagem. O principal fator que explica esse indicador é que muitos alunos tiveram dificuldade para compreender que a exposição aconteceu numa época em que já fazia 60 anos que o Brasil era uma nação independente, respondendo as perguntas como se a cena tivesse ocorrido durante a colonização do país por Portugal. Essa falta de compreensão da contextualização e periodização resultava em notas 0. Sendo este um conhecimento muito básico esperado de alunos egressos do ensino médio, os efeitos da pandemia na educação básica pode explicar a falta de seu domínio.

## Comentários Gerais

No item A, os erros mais comuns foram aqueles que não analisaram criticamente a Exposição Antropológica de 1882, sugerindo que o objetivo era realmente conhecer os indígenas e promover pesquisas sobre os botocudos. Outro erro comum foi afirmar que o objetivo da Exposição era escravizar os indígenas, catequizá-los e colonizar suas terras. Ou seja, o candidato situava o evento no período colonial, não conseguindo identificar que a Exposição representada na charge se passou numa época em que já fazia cerca de 60 anos que o Brasil era independente de Portugal.

Os acertos mais comuns foram as análises que viam a Exposição de forma crítica, indicando a violência física e simbólica ali presente. Além disso, relacionavam a construção da imagem do indígena como bárbaro e inferior à construção da ideia de superioridade do homem branco que organizava o evento. As notas máximas foram obtidas quando os candidatos mobilizavam, além do que foi dito, algum conceito, tais como etnocentrismo e racismo científico.

No item B, os erros mais comuns foram aqueles que não identificavam a contradição presente na charge, embora indicassem os atores das ações violentas. Outro erro frequente foi identificar os botocudos como antropófagos que comiam seres humanos e não problematizar em seguida este elemento como um estereótipo com base nas informações do excerto ou da própria charge.

Prevíamos um Índice de Facilidade “difícil” para a questão, visto que exigia uma interpretação crítica da imagem e mobilizava conceitos complexos como etnocentrismo e exigia a identificação de uma contradição na charge por meio da identificação dos atores que promoviam violência nas cenas retratadas. Era necessário cotejar imagem e texto para problematizar os pares bárbaro/civilizado. No entanto, a Classificação IF colocou a questão no patamar “médio”, com base no desempenho dos candidatos.

Nossa principal explicação para este indicador IF “médio” é que a leitura do excerto e da imagem forneciam elementos suficientes para a elaboração da resposta. Ou seja, ela não demandava conteúdos curriculares específicos do ensino médio. Comparada à experiência do ano passado, argumentamos que o IF torna-se “difícil” quando a resolução da questão parcialmente demanda conteúdos programáticos das Ciências Humanas, não bastando, assim, uma boa interpretação de texto e imagem. Este fator explica também o ID Marginal da questão. As habilidades e competências ligadas à interpretação não são suficientes para gerar melhores IDs. Com base no relatório do ano passado, consolidamos a hipótese de que a classificação de uma questão nos estratos IDs mais elevados necessariamente deve solicitar relações entre os excertos de contextualização com itens específicos do programa de conteúdos da educação básica. No entanto, defendemos as decisões que tomamos para este vestibular em razão dos impactos de dois anos de pandemia no aprendizado dos alunos do ensino médio. Se optássemos por incluir elementos específicos das disciplinas de História e Artes, certamente as notas dos alunos das escolas públicas na questão cairiam drasticamente, apesar da provável elevação do ID. Por isso, nossa escolha foi avaliar habilidades e competências mais diretamente ligadas à interpretação de textos e imagens.

## INTERDISCIPLINAR COM CIÊNCIAS DA NATUREZA

A questão 3 é uma questão multidisciplinar entre Física e Biologia, que visava explorar os mecanismos de transporte das moléculas na célula (Biologia) a partir de uma perspectiva da Física. O tópico de transporte celular é bastante discutido em Biologia, mas os mecanismos físicos que permitem com que o transporte de moléculas aconteça são raramente mencionados. Os dados experimentais do deslocamento de moléculas de ATP ao longo do tempo foram obtidos de trabalhos científicos publicados, e reforçam a base da observação experimental das Ciências da Natureza, pouco explorada no Ensino Médio.

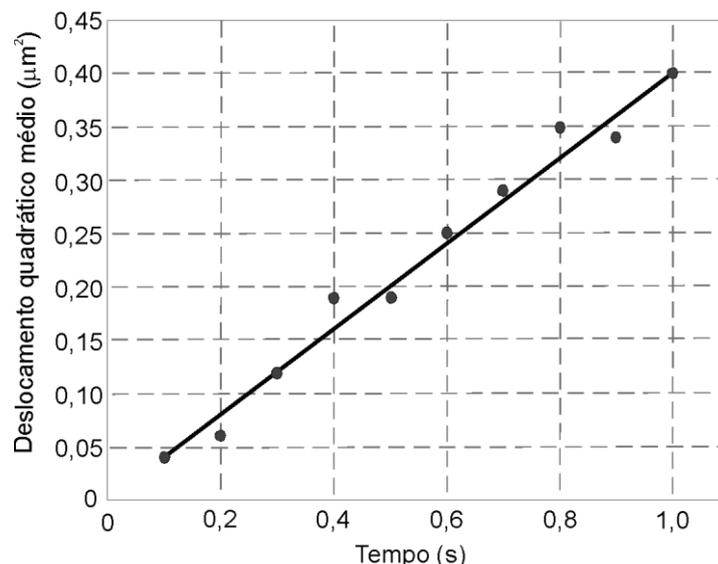
A questão 4 trabalhou a integração de conhecimentos das Ciências da Natureza dentro de um contexto conhecido dos candidatos no dia a dia, embora pouco discutido a partir de uma perspectiva científica multidisciplinar. A questão abordava um tópico de Biologia, a disponibilidade de água como um fator regulador da temperatura das plantas, com conceitos frequentemente apresentados em termodinâmica e vistos tanto em Física quanto em Química. A forma como estes conceitos foram abordados nesta questão foi verdadeiramente interdisciplinar, uma vez que o candidato precisava *integrar* o conhecimento adquirido no ensino médio para responder as perguntas. Em outras palavras, o candidato não conseguiria responder esta questão apenas com conceitos de uma das três disciplinas de Ciências da Natureza discutidas no Ensino Médio.

## Questão 3

As células contêm várias estruturas que sintetizam moléculas utilizadas em locais distantes de onde elas foram formadas. Por exemplo, a molécula de adenosina trifosfato (ATP) é sintetizada num local específico da célula e usada em diferentes locais. O mecanismo de transporte molecular mais básico no mundo celular é a *difusão*, que resulta das colisões da molécula sintetizada com as moléculas que compõem o meio. No movimento de difusão, o deslocamento médio,  $L$ , da molécula sintetizada está relacionado com o tempo,  $t$ , da seguinte forma:

$$L^2 = 6Dt$$

onde  $D$  é a constante de difusão da molécula sintetizada num determinado meio.



- a) A relação entre o tempo e o deslocamento quadrático médio,  $L^2$ , é apresentada, para uma molécula de ATP, no gráfico acima. Estime a constante de difusão da molécula.
- b) A membrana plasmática, composta por uma bicamada de fosfolipídios, representa uma barreira à difusão, em especial quando tratamos moléculas para as quais a membrana apresenta baixa permeabilidade. Como você explica a difusão dessas moléculas para o interior das células? O que é necessário para o movimento de moléculas contra um gradiente de concentração?

### Objetivo da Questão

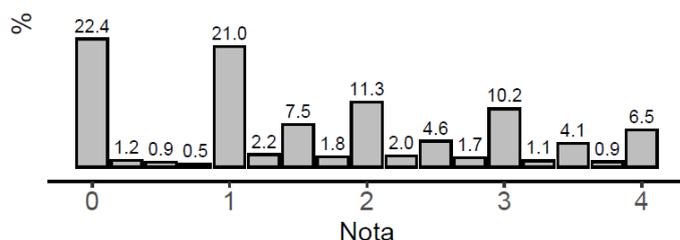
O item *a* da questão 3 tinha como objetivo analisar a capacidade de leitura e interpretação de dados a partir de um gráfico, bem como a capacidade de relacionar dados experimentais com um modelo físico ao exigir que o candidato extraísse valores do gráfico, que deveriam ser reconhecidos como variáveis do modelo descrito no enunciado para o cálculo de uma grandeza física – no caso, a constante de difusão da molécula de ATP. Trata-se de uma habilidade fundamental em Ciências da Natureza, frequentemente explorada na disciplina da Física, e que é necessária para interpretar qualquer notícia quantitativa no nosso dia a dia. Já o item *b* da questão visava explorar o transporte de moléculas no nível celular, e tinha como objetivo principal analisar a capacidade do candidato de relacionar o custo energético exigido por diferentes mecanismos de transporte. Este é um tópico bastante explorado nos conteúdos iniciais de Biologia celular. Em particular, a questão exigia que o candidato compreendesse os diferentes mecanismos apresentados em Biologia do ponto de vista energético; a simples memorização dos nomes associados aos diferentes mecanismos de transporte ou sua descrição não era suficiente para responder à questão.

### Resposta Esperada

Para responder o item *a* da questão, o candidato deveria perceber, pela equação dada no enunciado, que o deslocamento quadrático médio (representado por  $L^2$  na equação) varia linearmente com o tempo,  $t$ . Graficamente, esta relação é representada por uma reta, o que também poderia ser verificado pelo gráfico apresentado no enunciado. Como o gráfico apresenta valores medidos de  $L^2$  em função do tempo,  $t$ , o coeficiente angular da reta que melhor ajusta os dados experimentais corresponde a  $(6D)$ , de acordo com a equação que representa a relação entre estas grandezas. A resposta correta a este item exige que o candidato calcule o coeficiente angular da reta tomando quaisquer dois pares de pontos apresentados no gráfico; alternativamente, como o coeficiente linear da reta é igual a zero, qualquer par  $(x,y)$  na reta apresentada na figura poderia fornecer uma estimativa próxima da estimativa obtida a partir da inclinação da reta. Em ambos os casos, o valor obtido deveria ser igualado a  $6D$ , de forma que a constante de difusão,  $D$ , poderia ser diretamente estimada ao se dividir o valor do coeficiente angular por 6, obtendo algo no intervalo de 0,06 a 0,07  $\text{mm}^2/\text{s}$ . É importante observar que, como se trata de uma grandeza física, a resposta deveria apresentar unidade – que poderia ser obtida a partir das unidades presentes no gráfico. O valor correto poderia ser dado em outras unidades, desde que a conversão de unidades estivesse correta.

A resposta esperada para o item *b* exigia que o candidato fizesse uma comparação crítica dos diferentes mecanismos de transporte na membrana celular, a partir de uma perspectiva energética. Primeiramente, o candidato precisava explicar que, na presença de uma barreira (isto é, a membrana plasmática), a difusão de moléculas com baixa permeabilidade na membrana para o interior das células ocorre graças à presença de proteínas facilitadoras que permitem o movimento a favor de um gradiente de concentração (isto é, indo do meio mais concentrado para o meio menos concentrado); esse processo é conhecido como difusão facilitada. Em contrapartida, o movimento de moléculas contra um gradiente de concentração não ocorre de forma espontânea; é necessário o gasto de energia, na forma de ATP. Neste caso, é necessária uma proteína transportadora que utiliza energia produzida via metabolismo celular.

## Desempenho dos candidatos



De forma geral, o desempenho dos candidatos foi considerado “bom”. Levando em conta a questão como um todo, notou-se que uma grande parte dos candidatos foi capaz de relacionar ao menos um dos conceitos científicos abordados com o contexto apresentado na questão. No item *a*, vários

candidatos foram capazes de relacionar a informação gráfica com o modelo físico, e manipular corretamente as informações fornecidas no gráfico, levando a uma taxa de acerto alta no item. Por outro lado, uma grande parcela dos candidatos não foi capaz de identificar corretamente as informações do gráfico, o que levou a um desempenho nulo no item.

Para o item *b*, a capacidade de se expressar de forma clara e lógica foi provavelmente o ponto que mais diferenciou o desempenho dos candidatos. Como foram colocadas duas perguntas contrastando duas situações de transporte celular, era necessário que o candidato deixasse claro a qual situação estava se referindo na justificativa da resposta (contra ou a favor do gradiente de concentração). Porém, uma quantidade considerável de candidatos não foi capaz de diferenciar as duas situações apresentadas, limitando-se a citar os nomes dos transportes sem considerar o gasto energético associado a cada um deles.

## Comentários Gerais

A questão 3 foi considerada uma questão de dificuldade média, o que é desejável para uma questão de natureza interdisciplinar – principalmente pelo fato de que os conceitos científicos em disciplinas distintas não são muito trabalhados no Ensino Médio. O índice de facilidade (IF) da questão foi de 0,40; ou seja, a nota média obtida pelos candidatos foi pouco menor que a metade do valor total da questão. Por outro lado, a heterogeneidade no desempenho dos candidatos mostrou que esta questão foi excelente para discriminar candidatos mais bem preparados. Estes resultados estavam dentro do esperado pela banca elaboradora.

Quanto aos principais erros apresentados pelos candidatos no item *a*, apenas uma pequena parcela que tentou responder a questão não foi capaz de ler corretamente a informação gráfica. No entanto, muitos dos que leram a informação gráfica não conseguiram relacioná-la com a equação fornecida; a grande maioria dos candidatos que erraram a questão não percebeu que o gráfico já disponibilizava o deslocamento quadrático médio  $e$ , portanto, os valores lidos no eixo  $y$  do gráfico correspondiam a  $L^2$ ; não era necessário elevar o valor obtido ao quadrado. Além disso, por se tratar de uma grandeza física, a constante de difusão tem unidades, que deveriam estar claramente expressas na resposta. Vários candidatos ignoraram a unidade da constante de difusão ao responder o item; uma outra parcela errou o item ao tentar fazer a conversão de unidades para que a resposta fosse dada no Sistema Internacional de unidades (SI).

Já no item *b*, a maior fonte de erro foi a não diferenciação das duas situações apresentadas na questão. Muitos candidatos mencionaram o fato de que é necessária energia para que o transporte ocorra, o que só é verdade para o caso do transporte contra o gradiente de concentração. Além disso, muitos candidatos confundiram os diferentes processos que ocorrem no mundo celular; não foram raros os casos nos quais o processo de difusão foi confundido com osmose, e o transporte ativo foi tratado incorretamente como difusão facilitada. Por fim, muitos candidatos consideraram exemplos específicos de transporte (como a bomba de sódio/potássio) como resposta para o item *b*, o que não responde totalmente a pergunta feita no enunciado.

## Questão 4

A água é essencial para a vida, não apenas por compor a maior parte do corpo das plantas, mas também pelas suas propriedades. Devido às pontes de hidrogênio formadas entre as moléculas, a água tem um alto calor específico e também um alto calor latente de vaporização. Essas propriedades são essenciais para a regulação térmica das plantas em um ambiente em constante mudança, onde temperatura e disponibilidade de água variam sazonalmente.

- a) Tecidos hidratados possuem menor variação da sua temperatura se comparados a tecidos desidratados. Considerando o enunciado, defina a propriedade da água que explica esse fenômeno.
- b) Em uma situação de baixa disponibilidade de água no solo, a temperatura das folhas aumenta. Com base no enunciado, explique esse fenômeno.

### Objetivo da Questão

O principal objetivo da questão 4 era analisar a capacidade do candidato de transpor um conceito frequentemente abordado em Física e Química para explicar um fenômeno biológico. Mais especificamente, a questão exigia que o candidato soubesse o que é calor, e particularmente a relação entre calor e temperatura, e aplicasse este conceito para explicar o mecanismo de regulação térmica das plantas.

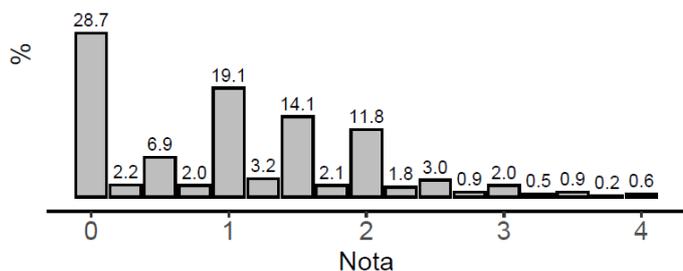
O item *a* da questão 4 apresentou um fato: tecidos hidratados possuem menor variação de temperatura do que tecidos desidratados (ou seja, com pouca água). O candidato deveria reconhecer qual propriedade física explicaria essa observação, e então defini-la. A estrutura do item *b* foi similar: o candidato deveria explicar por que a temperatura das folhas aumenta numa situação de baixa disponibilidade de água no solo. A função da água para a sobrevivência das plantas é um conteúdo explorado em Biologia do Ensino Médio. Ao mesmo tempo, os conceitos de calor específico da água e calor latente de vaporização são frequentemente estudados em Física e/ou Química. Para responder os dois itens, o candidato deveria compreender os conceitos de calor específico/calor latente e transpor esse conhecimento para a regulação da temperatura em plantas, utilizando-se de argumentos lógicos e científicos.

### Resposta Esperada

No item *a* da questão, o candidato deveria perceber que a variação de temperatura de uma determinada substância está relacionada com o calor específico dessa substância. Do ponto de vista conceitual, o calor específico de uma substância é definido como a quantidade de energia necessária para alterar a temperatura de uma certa quantidade de massa dessa substância. No Ensino Médio, esta relação é comumente ensinada em termodinâmica de forma quantitativa:  $Q = mc\Delta T$ , onde  $Q$  é o calor absorvido pela (ou fornecido para) a substância,  $m$  é a quantidade de massa da substância,  $c$  é o calor específico da substância, e  $\Delta T$  representa a variação de temperatura da substância. Por qualquer que seja a forma de raciocínio, o calor específico é inversamente proporcional à variação de temperatura; portanto, substâncias com maior calor específico irão apresentar menor variação de temperatura. No caso do fenômeno citado no enunciado do item *a*, o candidato deveria comparar tecidos com diferentes quantidades de água. O fato de a água apresentar um alto calor específico, como descrito no enunciado da questão, faz com que tecidos hidratados necessitem de muita energia para alterar a sua temperatura; logo, a temperatura vai variar menos em tecidos hidratados, se comparados com tecidos desidratados.

Já para o item *b*, era necessário que o candidato elencasse diferentes aspectos de termodinâmica e fisiologia vegetal. Em particular, o candidato precisava compreender o conceito de calor latente de vaporização, discutido em termodinâmica, e o processo de transpiração apresentado em Biologia, para então relacionar estes dois tópicos a fim de explicar por que a temperatura das folhas aumenta numa situação de baixa disponibilidade de água. Era esperado que o candidato entendesse que a mudança de estado da água (líquido para o gasoso) consome energia, que é proporcional ao calor latente de vaporização da água. Ao mesmo tempo, o candidato deveria entender o mecanismo de transpiração como um processo pelo qual a planta perde água na forma gasosa (vapor d'água) a fim de regular a sua temperatura. Devido ao calor latente de vaporização, a transpiração consome energia. Ao fazer a relação entre o calor latente de vaporização e a transpiração das plantas e o enunciado da questão, o candidato deveria concluir que quando a disponibilidade de água no solo é reduzida, menos a planta transpira e assim menos energia é dissipada no processo de vaporização e, portanto, a temperatura das folhas aumenta.

## Desempenho dos candidatos



De forma geral, o desempenho dos candidatos foi abaixo do esperado pela banca examinadora. Quase um a cada três candidatos teve desempenho nulo na questão inteira. Alguns fatores podem ajudar a explicar o mau desempenho. Primeiramente, embora a habilidade de integrar conhecimentos seja

essencial, esta habilidade é pouco praticada no Ensino Médio brasileiro. Tipicamente, os estudantes são ensinados a pensar de forma altamente disciplinar e estanque, com pouca interação entre os conteúdos estudados nas diversas disciplinas. Além disso, o ensino de Ciências é tipicamente mecanicista e pouco voltado para a compreensão dos conceitos e dos fenômenos tratados em outras disciplinas. Isso ficou muito claro para esta questão: muitos candidatos foram capazes de escrever as equações envolvendo o calor específico e o calor latente de vaporização, mas poucos deles conseguiram expressar claramente o que essas propriedades térmicas significam e como elas determinam a regulação térmica das plantas.

Mesmo com as dificuldades apontadas acima, notou-se que uma grande parte dos candidatos foi capaz de interpretar a relação entre o calor específico e a variação da temperatura para responder o item *a* da questão. Para esses candidatos, a equação  $Q = mc\Delta T$ , ensinada durante o estudo da Termodinâmica no Ensino Médio, foi muitas vezes suficiente para definir o calor específico. Já no item *b*, que exigia a interpretação de dois fenômenos independentes, um de termodinâmica e outro de fisiologia vegetal, o desempenho dos candidatos foi insuficiente. Poucos foram os candidatos que conseguiram relacionar a transpiração das folhas com o calor latente de vaporização, e menos ainda foram capazes de concatenar as informações fornecidas e os conceitos advindos do ensino médio para explicar por que a temperatura das folhas aumenta em situação de baixa disponibilidade de água. Em particular, houve uma quantidade significativa de candidatos que responderam a questão sem abordar o calor latente de vaporização, a transpiração e a relação entre os dois, o que levou a um desempenho nulo no item.

## Comentários Gerais

A questão 4 foi considerada uma questão difícil, muito provavelmente por exigir uma capacidade de integrar conceitos de disciplinas, algo que, infelizmente, ainda é pouco comum nas escolas brasileiras. Conforme pode ser constatado nas respostas, a capacidade de transpor conceitos entre as disciplinas deve ser incentivada no Ensino Médio, e talvez questões como esta possam ser indutoras de iniciativas interdisciplinares no futuro. O índice de facilidade (IF) da questão foi de 0,26, muito influenciado pela quantidade de zeros na questão como um todo. Ainda assim, a questão apresentou uma boa capacidade de discriminar os candidatos, possivelmente pela habilidade exigida de relacionar conceitos.

No item *a*, um dos erros mais comuns foi considerar a ponte de hidrogênio, citada no enunciado para explicar o alto calor específico/latente de vaporização, como a propriedade capaz de explicar o fenômeno descrito na questão. Outro erro muito comum foi citar uma determinada propriedade, mas não a definir do ponto de vista físico. Dentre os candidatos que corretamente apontaram o calor específico como a propriedade que explica o fenômeno, o erro mais comum foi ignorar o papel da massa ao definir o calor específico a partir da relação termodinâmica tratada no Ensino Médio.

O erro mais frequente no item *b* foi a associação do aumento da temperatura com o aumento (e não diminuição) da transpiração. Muitos candidatos também confundiram o conceito de vaporização com o conceito de ebulição. Outros candidatos tentaram, incorretamente, usar o calor específico para justificar o aumento da temperatura a partir de uma redução na quantidade de água, numa tentativa de relacionar os dois itens da questão. Dentre os candidatos que demonstraram compreender o conceito de calor latente de vaporização no fenômeno da transpiração, o erro mais comum consistiu em encadear as ideias violando a causalidade do fenômeno; para estes candidatos, o aumento da temperatura da folha seria a causa, e não a consequência, da regulação térmica da planta.

## MATEMÁTICA

O objetivo da prova de Matemática do Vestibular da Unicamp é avaliar o conhecimento dos candidatos sobre o conteúdo da área aprendido no Ensino Fundamental e Médio. A prova da Unicamp pede que o candidato utilize seus conhecimentos de forma contextualizada e integrada, ao invés de exigir fórmulas decoradas.

Neste ano a Comvest preparou provas diferentes conforme a área dos candidatos. 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 nota média dos candidatos na prova de matemática foi de 8,11 (num total de 24), com um desvio padrão de 5,61. A próxima figura mostra a distribuição das notas, considerando todos os candidatos.

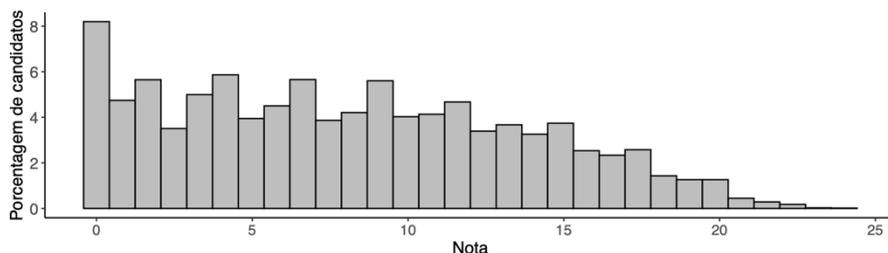


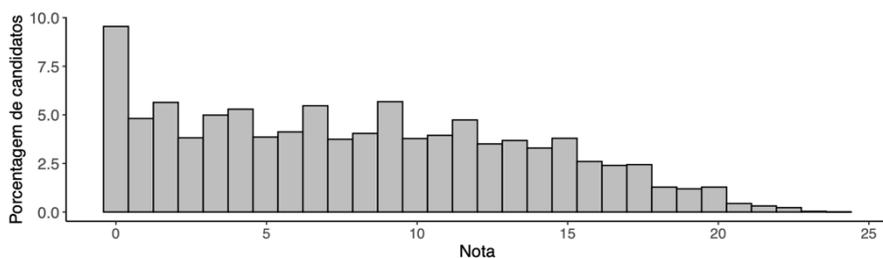
Figura 36: Distribuição das notas brutas.

Tabela 26: Estatísticas descritivas das notas brutas.

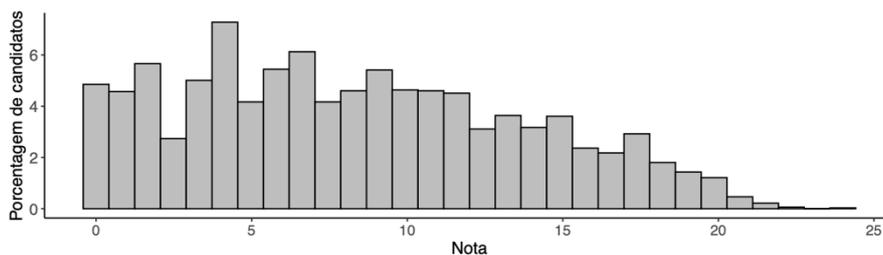
N	Média	DP	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
11172	8.11	5.61	0.0	3.25	7.75	12.5	24.0

Como as provas de Exatas/Biológicas e Humanas/Artes foram diferentes, apresentamos também a distribuição das notas brutas para cada uma dessas provas:

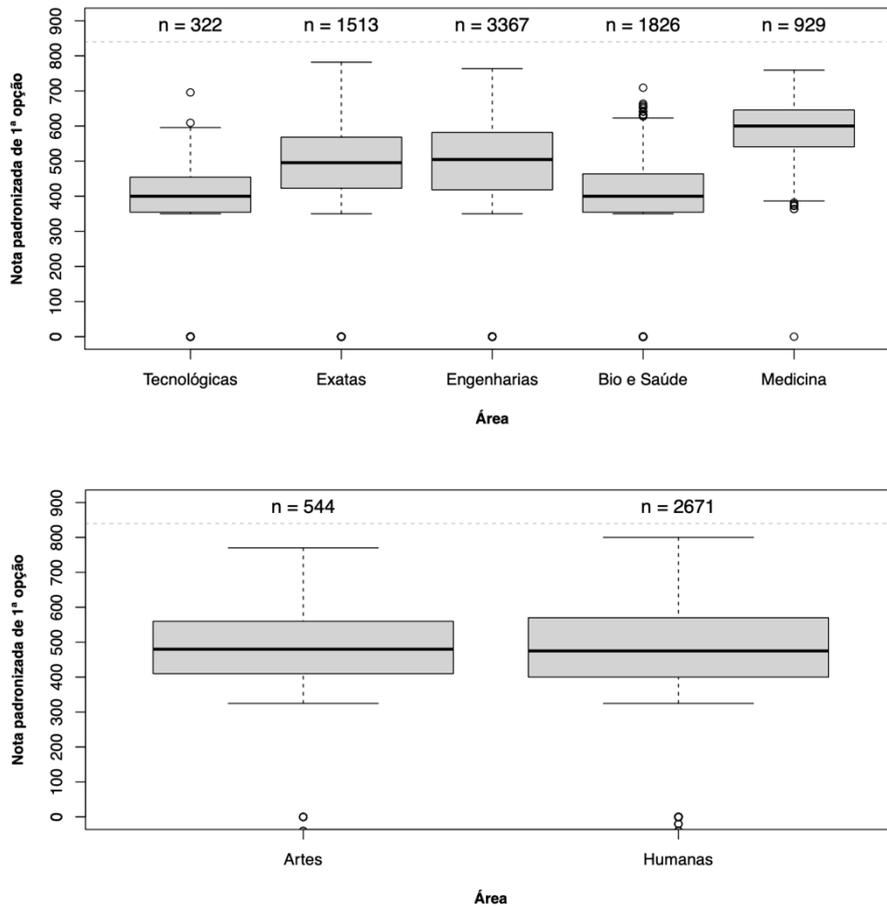
Exatas/Biológicas:



Humanas/Artes:



Indicamos a seguir o diagrama de caixas com a distribuição das notas padronizadas da prova de matemática conforme a área do curso do candidato (lembrando que foram provas diferentes):



As figuras abaixo exibem os Índices de Facilidade (IF) e Índices de Discriminação (ID) das provas de Exatas/Biológicas e Humanas/Artes, respectivamente:

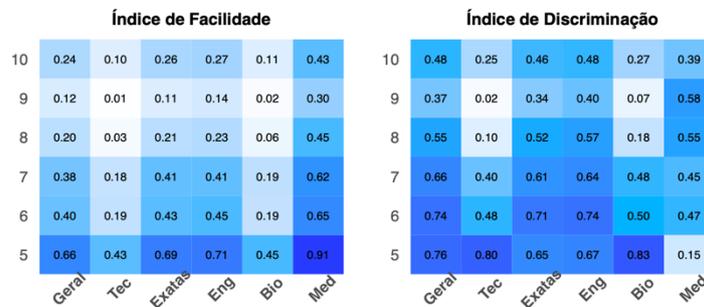


Figura 29: Diagrama com Índices de Facilidade (IF) e Índices de Discriminação (ID) das questões, por área.

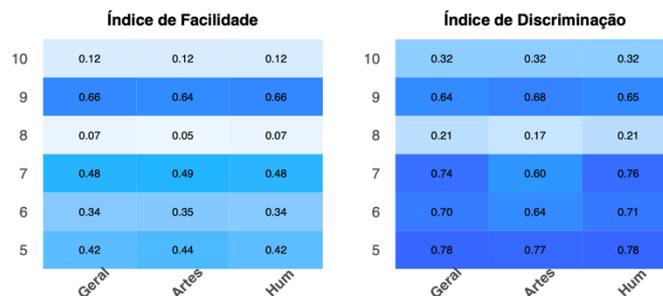


Figura 35: Diagrama com Índices de Facilidade (IF) e Índices de Discriminação (ID) das questões, por área.

Apresentamos os dados acima também em tabelas, com classificações “explícitas”, novamente seguindo a ordem das provas de Exatas/Biológicas e Humanas/Artes, respectivamente:

Questão	IF	Classificação IF	ID	Classificação ID	Questão	IF	Classificação IF	ID	Classificação ID
5	0.659	Fácil	0.760	Excelente	5	0.425	Média	0.780	Excelente
6	0.397	Difícil	0.737	Excelente	6	0.343	Difícil	0.698	Excelente
7	0.376	Difícil	0.662	Excelente	7	0.483	Média	0.740	Excelente
8	0.205	Difícil	0.550	Ótima	8	0.066	Muito Difícil	0.207	Marginal
9	0.121	Muito Difícil	0.374	Boa	9	0.655	Fácil	0.645	Excelente
10	0.243	Difícil	0.480	Boa	10	0.120	Muito Difícil	0.320	Boa

### Questão 5 (comum a ambas as provas)

Um fabricante de produtos de beleza está modificando as dimensões da embalagem de seu principal produto, o shampoo antiplolhos chamado *100πolho*. Atualmente, as embalagens têm o formato de um paralelepípedo com 18 cm de altura e com base retangular de dimensões 2 cm × 3 cm.

São utilizados dois tipos de materiais para construir a embalagem. O material utilizado tanto para a base quanto para a lateral é mais simples e custa R\$ 10,00 o metro quadrado. O material utilizado para a tampa custa R\$ 40,00 o metro quadrado, por ser mais resistente.

- Qual o custo atual do material para construir 100 embalagens?
- Por questões logísticas, as novas embalagens devem ter o formato de um paralelepípedo com base quadrada e com altura de 12 cm, e precisam ter a mesma capacidade volumétrica que as embalagens atuais. Quais as dimensões da nova embalagem e o custo de produção de 100 delas, considerando os mesmos materiais para produção?

### Objetivo da Questão

Esta questão aborda o conteúdo de geometria espacial com alguma contextualização em termos de matemática financeira. O aluno precisa modelar a embalagem do shampoo, usando uma planificação, e fazer considerações a respeito do preço de cada uma das partes. Para chegar à resposta correta na letra (b), é preciso resolver uma equação.

### Resposta Esperada

a) O custo do material para construir 100 embalagens pode ser calculado com base na planificação da embalagem. Vamos considerar todas as medidas como sendo em metros. Então temos

$$C = 100 \cdot \left[ \left( \frac{2}{100} \cdot \frac{18}{100} \cdot 2 + \frac{3}{100} \cdot \frac{18}{100} \cdot 2 + \frac{2}{100} \cdot \frac{3}{100} \right) \cdot 10 + \frac{2}{100} \cdot \frac{3}{100} \cdot 40 \right] = 21$$

Portanto, 100 embalagens têm o custo total de 21 reais.

b) O volume da embalagem anterior é de

$$V_a = \frac{2}{100} \cdot \frac{3}{100} \cdot \frac{18}{100} = \frac{108}{1\,000\,000} \text{ m}^3,$$

ou, se expresso em uma unidade mais comum, 108 ml.

Se a nova embalagem tem como base um quadrado de lado medindo  $x$  cm, então seu volume será dado por

$$V_b = \frac{x}{100} \cdot \frac{x}{100} \cdot \frac{12}{100} = \frac{12x^2}{1\,000\,000}$$

Para que o volume seja o mesmo de antes, precisamos que  $12x^2 = 108$ , o que nos dá  $x = 3$ . Portanto, as dimensões da nova embalagem são 3 cm × 3 cm × 12 cm.

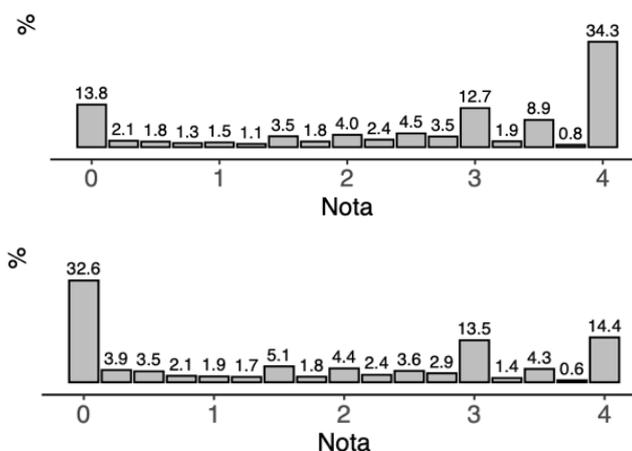
Para calcular o custo de produção de 100 delas, usamos uma fórmula parecida com a que empregamos em (a):

$$C = 100 \cdot \left[ \left( \frac{3}{100} \cdot \frac{12}{100} \cdot 4 + \frac{3}{100} \cdot \frac{3}{100} \right) \cdot 10 + \frac{3}{100} \cdot \frac{3}{100} \cdot 40 \right] = \frac{189}{10},$$

ou seja, 100 embalagens terão o custo total de R\$ 18,90.

## Desempenho dos candidatos

O desempenho dos candidatos nesta questão está indicado a seguir, considerando, para a primeira figura de cima para baixo, a prova de Exatas/Biológicas e, para a segunda figura de cima para baixo, o desempenho dos alunos da prova de Humanas/Artes



Em vista desses resultados, a banca considerou "bom" o desempenho.

## Comentários Gerais

A questão foi classificada como fácil na prova de Exatas/Biológicas e Média na prova de Humanas/Artes. Um erro comum foi detectado na conversão, pelos candidatos, entre unidades de medida: de centímetros quadrados para metros quadrados. Outro erro também comum foi na planificação, em que os candidatos consideravam erroneamente a base como sendo quadrada.

## Questão 6 (Exatas/Biológicas)

Márcia está fazendo um teste de condicionamento físico e corre numa pista circular de 200 m de comprimento, com velocidade angular constante, e no sentido anti-horário. A distância, em metros, entre Márcia e um equipamento eletrônico localizado na parte externa da pista foi registrada nos primeiros 60 segundos e está representada na Figura 1 abaixo.

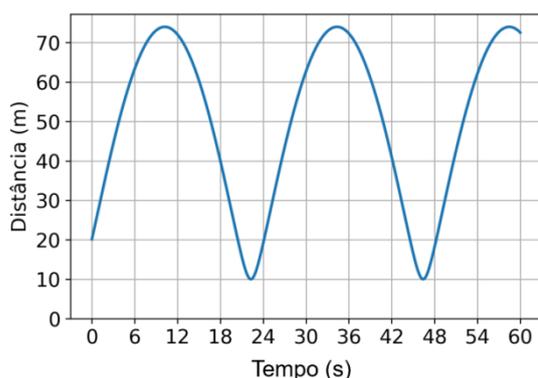


Figura 1: Distância, em função do tempo, entre Márcia e o equipamento eletrônico.

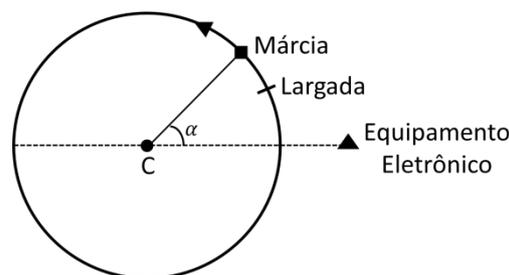


Figura 2: Representação da situação considerada no item (b).

- Determine quanto tempo Márcia demora para completar uma volta e quantos metros ela percorreu nos primeiros 60 segundos.
- A Figura 2 representa um determinado instante em que a distância entre Márcia e o centro da pista (ponto C) é igual à distância entre ela e o equipamento eletrônico. Calcule o cosseno do ângulo  $\alpha$  indicado na Figura 2.

## Objetivo da Questão

O objetivo da questão foi analisar a capacidade de os estudantes extrair informações a partir de gráficos. Com base nessas informações, o aluno deveria utilizar condições de proporcionalidade para resolver a (a) e utilizar conhecimentos de geometria plana/trigonometria para resolver a (b).

## Resposta Esperada

a) Analisando o gráfico percebemos que a volta é completada no tempo  $t = 24 \text{ s}$ . Com isso, ela levou 24s para percorrer 200 m. Considerando que a velocidade é constante, e como  $60/24=2,5$ , serão percorridos  $2,5 \cdot 200 \text{ m} = 500 \text{ m}$  em 60 segundos.

b) Note que a distância entre o equipamento eletrônico e a pista é de  $10 \text{ m}$ , informação que pode ser obtida pelo gráfico. Além disso, como o comprimento da circunferência é 200m, o raio da circunferência é de  $r = 100/\pi$ .

Na situação indicada, temos um triângulo isósceles de lados  $\frac{100}{\pi}, \frac{100}{\pi}, \frac{100}{\pi} + 10$ . O cosseno do ângulo  $\alpha$  pode ser calculado com a lei dos cossenos:

$$\left(\frac{100}{\pi}\right)^2 = \left(\frac{100}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{100}{\pi} + 10\right)^2 - 2 \cdot \left(\frac{100}{\pi}\right) \cdot \left(\frac{100}{\pi} + 10\right) \cdot \cos \cos (\alpha),$$

o que simplificando nos dá

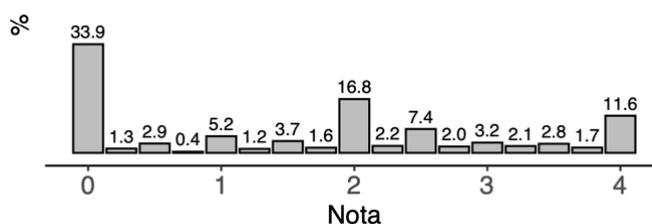
$$\left(\frac{100}{\pi} + 10\right) = 2 \cdot \left(\frac{100}{\pi}\right) \cdot \cos \cos (\alpha),$$

e, finalmente, isolando  $\cos \cos (\alpha)$  ficamos com

$$\cos \cos (\alpha) = \frac{10 + \pi}{20}.$$

## Desempenho dos candidatos

A figura abaixo mostra o desempenho dos candidatos na questão.



## Comentários Gerais

A questão foi considerada difícil pela Comvest, mas com Índice de Discriminação excelente. Na letra (a), um erro comum foi não perceber que a primeira volta é completada somente aos 24s. Na letra (b), o erro comum foi escolher um triângulo que não é retângulo e aplicar relações métricas nele.

## Questão 6 (Humanas/Artes)

Márcia está fazendo um teste de condicionamento físico e corre numa pista circular de 200m de comprimento no sentido anti-horário. A distância, em metros, entre Márcia e um equipamento eletrônico, localizado na parte externa da pista, foi registrada nos primeiros 60 segundos e está representada na Figura 1 abaixo.

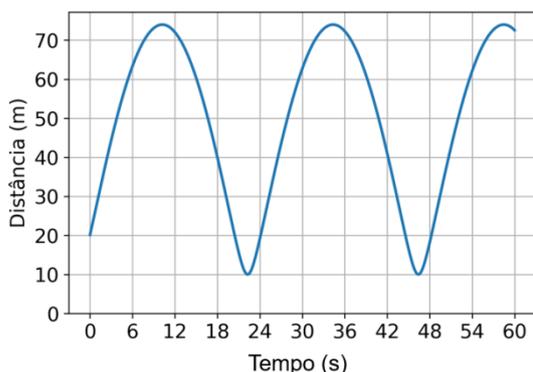


Figura 1: Distância, em função do tempo, entre Márcia e o equipamento eletrônico.

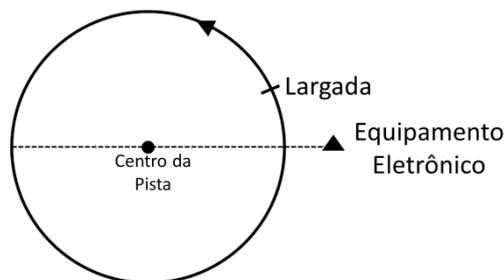


Figura 2: Representação ilustrativa da situação descrita no enunciado.

- a) Determine a distância entre o ponto de largada e o equipamento eletrônico, bem como o tempo que Márcia demora para completar uma volta.
- b) Durante o teste, qual a maior distância possível entre Márcia e o equipamento eletrônico?

### Objetivo da Questão

O objetivo da questão foi analisar a capacidade de os estudantes extrair informações de gráficos. Com base nessas informações, o aluno deveria utilizar condições de proporcionalidade para resolver a (a) e utilizar conhecimentos de geometria plana/trigonometria para resolver a (b).

### Resposta Esperada

- a) Como o gráfico passa pelo ponto  $(0, 20)$ , no tempo  $t = 0$  a distância é de  $20\text{ m}$ . Então a distância entre o ponto de largada e o equipamento eletrônico é de  $20\text{ m}$ . Também analisando o gráfico, percebe-se que o tempo necessário para completar uma volta é de  $24\text{ s}$ .
- b) Usando como referência a Figura 2, pode-se dizer que a maior distância acontece quando a reta que liga Márcia e o equipamento eletrônico passa pela origem da circunferência que representa a pista. Nessa situação, a distância é igual ao diâmetro da pista somado à distância entre a pista e o equipamento eletrônico.

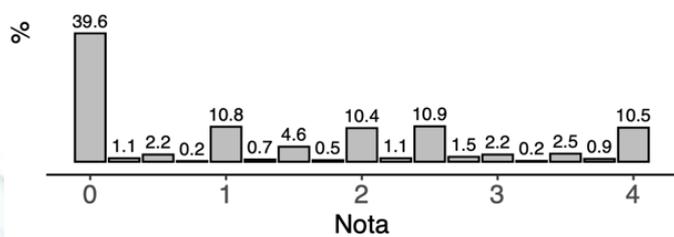
A distância entre a pista e o equipamento eletrônico é de  $10\text{m}$ , o que pode ser visto pelo gráfico da Figura 1: é o menor valor possível para  $y$ .

Já o diâmetro da circunferência é  $200/\pi$ , já que o comprimento da circunferência é  $200\text{m}$ .

Portanto, a maior distância possível é  $\frac{200}{\pi} + 10$ .

### Desempenho dos candidatos

A figura abaixo mostra o desempenho dos candidatos na questão.



## Comentários Gerais

A questão foi classificada como média e teve discriminação excelente. Um erro comum foi usar aproximações de forma imprecisa, como, por exemplo, tomar  $\pi = 3$  e daí concluir que  $\frac{100}{\pi} = 33$ .

### Questão 7 (Exatas/Biológicas)

Heloísa está brincando com uma urna que contém dez bolinhas, sendo três azuis, três verdes e quatro rosas. Ela resolve construir uma sequência numérica  $x_0, x_1, x_2, \dots$  de acordo com as cores das bolinhas que sorteia da urna. O primeiro termo da sequência é  $x_0 = 1$ .

A cada sorteio, um novo termo da sequência é determinado multiplicando-se o termo anterior:

- por 2, se a bolinha sorteada for azul;
- por 3, se a bolinha sorteada for verde;
- por 5, se a bolinha sorteada for rosa.

A bolinha sorteada é devolvida para a urna antes do próximo sorteio. Por exemplo, se nos três primeiros sorteios Heloísa retira, respectivamente, uma bolinha rosa, uma verde e uma azul, então a sequência obtida é

- $x_0 = 1$ ,
- $x_1 = 5 \cdot x_0 = 5$ ,
- $x_2 = 3 \cdot x_1 = 15$ ,
- $x_3 = 2 \cdot x_2 = 30$ .

- a) É possível que Heloísa obtenha uma sequência contendo o termo 189? Justifique.
- b) Qual a probabilidade de Heloísa obter o número 360 como termo de uma sequência?

## Objetivo da Questão

A questão tratou de dois temas: probabilidade e fatoração. O candidato deveria ser capaz de entender a construção de uma sequência numérica e decidir se um certo termo é admissível. Na sequência, deveria calcular a probabilidade de um certo número aparecer na sequência.

## Resposta Esperada

a) Não é possível. Os números da sequência de Heloísa são obtidos por meio da multiplicação de  $x_0 = 1$  por 2, 3 ou 5; portanto, a fatoração de 189 só poderia conter potências desses números. No entanto, a fatoração de 189 é  $189 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7 = 3^3 \cdot 7$ . A presença do 7 faz com que 189 não possa aparecer numa sequência.

b) A fatoração do número 360 é  $360 = 2^3 \cdot 3^2 \cdot 5$ . Temos que:

- a probabilidade de sortear uma bola azul é  $3/10$ ,
- a probabilidade de sortear uma bola verde é  $3/10$ ,
- a probabilidade de sortear uma bola rosa é  $4/10$ .

Considerando que:

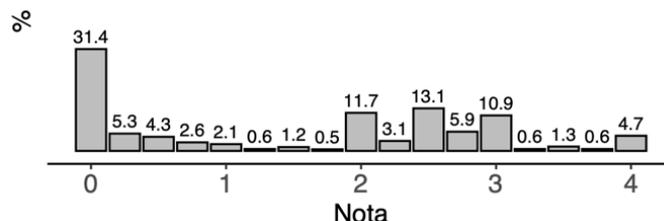
- bolas azuis multiplicam por 2 e temos três fatores “2” na fatoração de 360;
- bolas verdes multiplicam por 3 e temos dois fatores “3” na fatoração de 360 e
- bolas rosas multiplicam por 5 e temos somente um fator “5” na fatoração de 360,

e também considerando que a ordem do sorteio não é importante, obtemos a probabilidade de sorteio do 360:

$$P = \left(\frac{3}{10}\right)^3 \cdot \left(\frac{3}{10}\right)^2 \cdot \left(\frac{4}{10}\right) \cdot \frac{6!}{2!3!} = \frac{3^5 2^2}{10^6} \cdot 60$$

## Desempenho dos candidatos

A figura a seguir mostra o desempenho dos candidatos na questão.



## Comentários Gerais

A questão foi classificada como difícil, mas teve um índice de discriminação excelente. Na letra (a), um erro comum foi errar a fatoração ou então afirmar que “é necessário aparecer 2 no fator”, o que não é verdade. Na letra (b), um erro comum foi não considerar as possíveis permutações dos sorteios (ou seja, não considerar o fator 60 que está multiplicando).

## Questão 7 (Humanas/Artes)

Heloísa está brincando com uma urna que contém bolinhas azuis, verdes e rosas. Ela resolve construir uma sequência numérica  $x_0, x_1, x_2, \dots$  de acordo com as cores das bolinhas que sorteia da urna. O primeiro termo da sequência é  $x_0 = 1$ .

A cada sorteio, um novo termo da sequência é determinado multiplicando-se o termo anterior:

- por 2, se a bolinha sorteada for azul;
- por 3, se a bolinha sorteada for verde;
- por 5, se a bolinha sorteada for rosa.

A bolinha sorteada é devolvida para a urna antes do próximo sorteio. Por exemplo, se nos três primeiros sorteios Heloísa retira, respectivamente, uma bolinha rosa, uma verde e uma azul, então a sequência obtida é

- $x_0 = 1$ ,
- $x_1 = 5 \cdot x_0 = 5$ ,
- $x_2 = 3 \cdot x_1 = 15$ ,
- $x_3 = 2 \cdot x_2 = 30$ .

- a) Sabendo que Heloísa obteve a sequência  $1, x_1, 4, 20, x_4, 180$ , calcule  $x_1$  e  $x_4$  e complete o quadro abaixo com as **cores** das bolinhas sorteadas.

1ª bolinha	2ª bolinha	3ª bolinha	4ª bolinha	5ª bolinha
		rosa		

- b) É possível que Heloísa obtenha uma sequência contendo o termo 189? Justifique.

## Objetivo da Questão

A questão tratou de fatoração e sequências numéricas. O candidato deveria ser capaz de entender a construção de uma sequência numérica e decidir se um certo termo é admissível.

## Resposta Esperada

a) Como o terceiro termo da sequência é 4, e a fatoração do 4 em fatores primos é  $4 = 2 \cdot 2$ , a única possibilidade é de terem sido sorteadas 2 bolinhas azuis no começo. Com isso,  $x_1 = 2$  e as duas primeiras bolinhas são azuis.

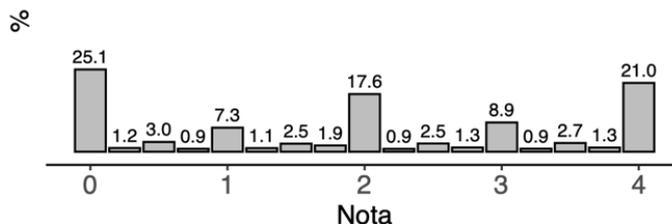
Comparando  $x_3$  e  $x_5$ , percebemos que houve multiplicação por 9, cuja fatoração é  $9 = 3 \cdot 3$ . Assim, houve duas multiplicações por 3, logo as bolinhas 4 e 5 foram verdes e  $x_4 = 60$ .

1ª bolinha	2ª bolinha	3ª bolinha	4ª bolinha	5ª bolinha
azul	azul	rosa	verde	verde

b) Não é possível. Os números da sequência de Heloísa são obtidos por meio da multiplicação de  $x_0 = 1$  por 2, 3 ou 5, portanto a fatoração de 189 só poderia conter potências desses números. No entanto, a fatoração de 189 é  $189 = 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 7 = 3^3 \cdot 7$ . A presença do 7 faz com que 189 não possa aparecer numa sequência.

## Desempenho dos candidatos

A figura abaixo mostra o desempenho dos candidatos na questão.



## Comentários Gerais

A questão foi classificada como média e teve índice de discriminação excelente. Um erro comum na (a) foi errar a fatoração, ou não entender como a sequência é construída a partir do sorteio das bolinhas. Um erro comum na (b) foi fatorar incorretamente o 189, ou não considerar que o problema está justamente na presença do 7 na fatoração.

## Questão 8 (comum a ambas as provas)

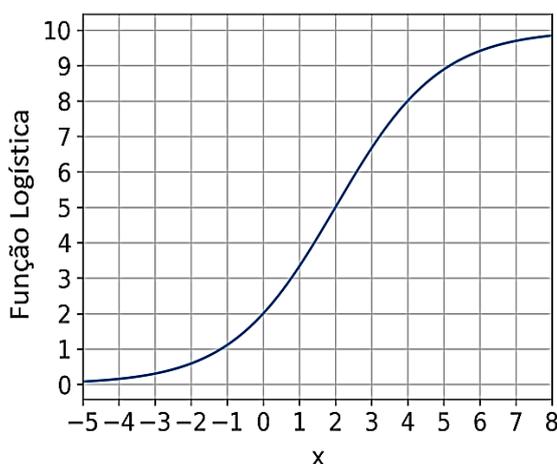
Por volta de 1845, o matemático belga Pierre Verhulst começou a estudar um tipo de função que hoje é conhecida como função logística. Originalmente utilizada para modelar problemas envolvendo crescimento populacional, atualmente tem muitas outras aplicações em ecologia, biomatemática, sociologia e ciências políticas.

Uma função logística pode ser definida por

$$f(x) = \frac{L}{1 + 2^{-k(x-x_0)}}, \quad x \in \mathbb{R},$$

em que  $k > 0$ ,  $L > 0$  e  $x_0 \in \mathbb{R}$ .

- Seja  $f^{-1}$  a função inversa de  $f$ . Determine a expressão e o domínio de  $f^{-1}$ .
- O gráfico abaixo é de uma função logística com  $L = 10$ . Determine os valores de  $x_0$  e  $k$ .



## Objetivo da Questão

A questão avaliou o conhecimento dos alunos no tópico das funções e suas inversas. Além disso, para o item (b), o aluno deveria analisar o gráfico da função e utilizar alguns pontos por onde ele passa.

## Resposta Esperada

a) Seja

$$y = \frac{L}{1 + 2^{-k(x-x_0)}}.$$

Note que  $y > 0$ . Agora, para determinar a função inversa, vamos tentar isolar  $x$  nessa equação:

$$y \cdot (1 + 2^{-k(x-x_0)}) = L$$

o que é equivalente a

$$2^{-k(x-x_0)} = \frac{L-y}{y}.$$

A ideia agora é calcular o logaritmo na base 2 em ambos os lados da igualdade, mas para isso temos que garantir que ambos são positivos. O lado esquerdo é positivo, pois é uma potência de 2. Para o lado direito, precisamos supor que  $\frac{L-y}{y} > 0$ . Como  $y > 0$ , será preciso que  $L - y > 0$ , o que é equivalente a  $y < L$ .

Determinamos, portanto, o domínio da função inversa:  $0 < y < L$ . Dentro dessa condição, podemos agora aplicar o logaritmo e transformar a equação anterior em

$$-k(x - x_0) = \left(\frac{L-y}{y}\right),$$

ou

$$x = -\frac{\left(\frac{L-y}{y}\right)}{k} - x_0.$$

b) Note que se  $x = x_0$  então

$$y = f(x_0) = \frac{L}{1 + 2^0} = \frac{L}{2} = \frac{10}{2} = 5.$$

Pelo gráfico vemos que  $f(2) = 5$ , portanto  $x_0 = 2$  e temos

$$y = \frac{10}{1 + 2^{-k(x-2)}}.$$

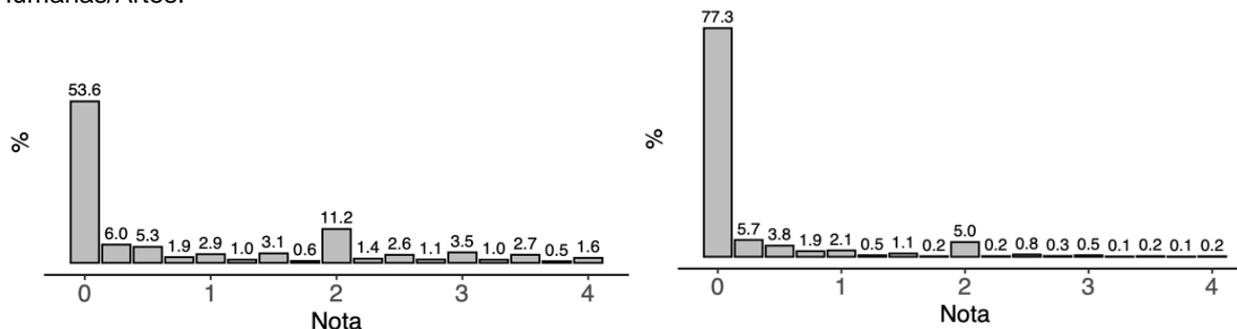
Pelo gráfico obtemos que  $f(0) = 2$ , portanto

$$2 = \frac{10}{1 + 2^{-k(-2)}},$$

ou  $2(1 + 2^{2k}) = 10$ , o que nos dá  $k = 1$ .

## Desempenho dos candidatos

O desempenho dos candidatos nessa questão está indicado a seguir, considerando, no primeiro gráfico de baixo para cima, a prova de Exatas/Biológicas e, no segundo, também de baixo para cima, a de Humanas/Artes.



## Comentários Gerais

Na prova de Exatas/Biológicas, a questão foi classificada como difícil pela Comvest e teve ótima discriminação. Na prova de Humanas/Artes, a questão foi classificada como Muito Difícil e teve discriminação marginal. Muitas provas estavam com essa questão em branco.

Um erro comum na (a) foi desconsiderar uma das restrições do domínio (por exemplo, colocando somente  $x < L$ ). Na letra (b), um erro comum foi considerar pontos por onde o gráfico não passava.

### Questão 9 (Exatas/Biológicas)

Seja  $a$  um número real e considere o polinômio  $f(x) = x^3 + (a + 1)x^2 + (a + 2)x + 2$ , que tem  $x = -1$  como uma de suas raízes.

- a) Determine todos os valores de  $a$  tais que  $x = -1$  é a única raiz real.  
 b) Determine todos os valores de  $a$  tais que as soluções de  $f(x) = 0$  sejam números inteiros.

### Objetivo da Questão

O objetivo da questão é avaliar o conhecimento dos alunos sobre polinômios e divisão polinomial.

### Resposta Esperada

a) O enunciado nos diz que  $x = -1$  é uma raiz. Isso significa que o polinômio é divisível por  $x + 1$ .

Efetuada essa divisão, obtemos

$$x^3 + (a + 1)x^2 + (a + 2)x + 2 = (x + 1) \cdot (x^2 + ax + 2).$$

Seja  $q(x) = x^2 + ax + 2$ . Caso  $q(x)$  não tenha raízes reais, então  $x = -1$  será a única raiz real de  $f(x)$ . A condição para que  $x = -1$  seja a única raiz real de  $q(x)$  é que o discriminante  $\Delta$  de  $q(x)$  seja menor ou igual a zero.

Como  $\Delta = a^2 - 8$ , segue que  $\Delta < 0$  se, e só se,  $-2\sqrt{2} < a < 2\sqrt{2}$ , e essa é a condição sobre  $a$  para que  $x = -1$  seja a única raiz real.

b) Das relações de Girard, temos que se  $x_1, x_2, x_3$  são as soluções de

$$x^3 + (a + 1)x^2 + (a + 2)x + 2 = 0,$$

então  $x_1 x_2 x_3 = -2$ . Como uma das raízes já é  $x_1 = -1$ , ficamos com

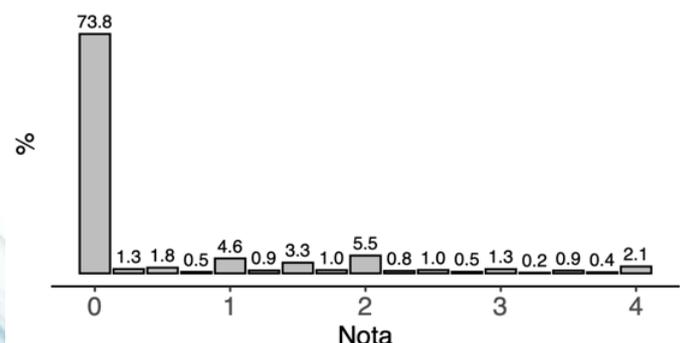
$$x_2 x_3 = 2.$$

Queremos que  $x_2, x_3$  sejam inteiros cujo produto é 2: assim, temos as possibilidades:

$$x_2 = 1, x_3 = 2 \text{ ou } x_2 = -1, x_3 = -2.$$

Outra relação de Girard nos diz que a soma das raízes é igual a  $-a - 1$ . Assim, como as raízes são  $-1, 1, 2$  ou  $-1, -1, -2$ , temos duas possibilidades:  $2 = -a - 1$  ou  $-4 = -a - 1$ , o que nos dá  $a = 3$  ou  $a = -3$ .

### Desempenho dos candidatos



## Comentários Gerais

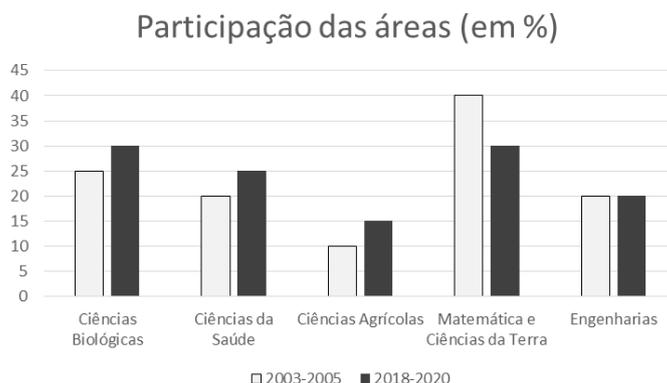
A questão foi considerada muito difícil pela Comvest, com boa discriminação. Muitas provas estavam com essa questão em branco.

Um erro comum na (a) foi não perceber que o fato de  $x = -1$  ser raiz implica na divisão do polinômio  $f(x)$  por  $x + 1$ , com resto nulo. Já na (b), ao determinar inteiros cujo produto pode ser 2, alguns candidatos ignoravam os inteiros negativos.

### Questão 9 (Humanas/Artes)

Segundo a Revista Fapesp de maio de 2021, a média trienal de publicações científicas com pelo menos um autor sediado no Brasil passou de 18 mil em 2003-2005 para 64 mil em 2018-2020.

O gráfico abaixo apresenta a participação em porcentagem de grandes áreas do conhecimento no total de publicações com pelo menos um autor sediado no Brasil em médias trienais. Como uma publicação pode ser classificada em mais de uma grande área, a soma dos percentuais de participação de cada grande área é maior que 100%.



(Fonte: Adaptado de "Número de publicações científicas cresceu significativamente nas últimas três décadas". *Revista Pesquisa Fapesp* 303, maio de 2021, página 11.)

- Quais foram a porcentagem e a quantidade de publicações da área de Matemática e Ciências da Terra no triênio 2018-2020 com pelo menos um autor sediado no Brasil?
- Comparando os triênios 2003-2005 e 2018-2020, o número de publicações da área de Engenharia com pelo menos um autor sediado no Brasil aumentou, diminuiu ou permaneceu igual? Justifique.

## Objetivo da Questão

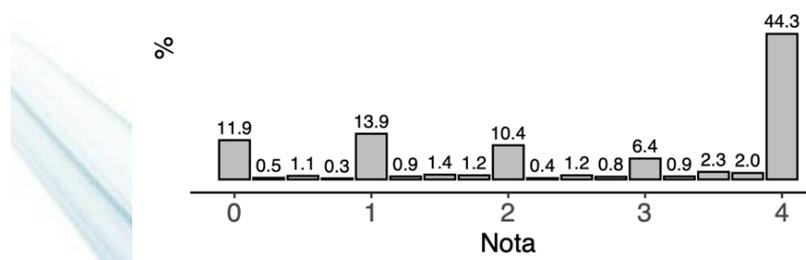
O objetivo da questão é avaliar a capacidade do estudante de extrair informações de um gráfico, bem como comparar percentuais de quantidades distintas.

## Resposta Esperada

a) Uma consulta ao gráfico revela que 30% das publicações no triênio 2018-2020 com pelo menos um autor sediado no Brasil foram da área de Matemática e Ciências da Terra. Para calcular a quantidade de publicações, calculamos 30% do total, que foi de 64.000. Portanto, 19.200 publicações.

b) Apesar de o percentual ter se mantido em 30%, o número de publicações aumentou, pois a quantidade total aumentou ao compararmos os dois triênios.

## Desempenho dos candidatos



## Comentários Gerais

A Comvest classificou a questão como fácil, com excelente índice de discriminação. Erros comuns na (a) foram a do percentual do gráfico errado, e, na (b), foram na conclusão equivocada de que o fato de ambos os triênios terem o mesmo percentual implica em mesma quantidade de publicações.

### Questão 10 (comum a ambas as provas)

Seja  $K$  a região poligonal, no plano cartesiano, dos pontos  $(x, y)$  que satisfazem as inequações

$$\begin{aligned} x &\geq 0, \\ y &\geq 0, \\ x + y &\leq 3, \\ 3x + y &\leq 5. \end{aligned}$$

A área hachurada da figura abaixo representa a região  $K$  no plano cartesiano.

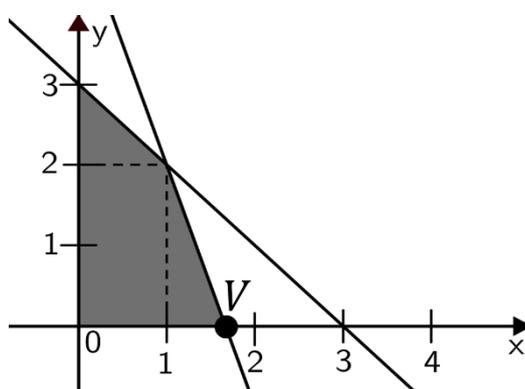


Figura 1: representação da região  $K$ .

- Determine as coordenadas do vértice  $V$ , indicado na Figura 1, e a área da região  $K$ .
- Determine o maior valor de  $2x + y$  para  $(x, y) \in K$ .

## Objetivo da Questão

A questão avaliou o conhecimento dos alunos em geometria analítica, equação da reta e inequações. Além disso, o aluno deveria calcular a área de uma região poligonal.

## Resposta Esperada

- As coordenadas do vértice  $V$  podem ser obtidas calculando o ponto de interseção da reta  $3x + y = 5$  com o eixo  $x$ . Esse ponto é obtido substituindo  $y = 0$  na equação, para obtermos o ponto  $(5/3, 0)$ .

Para calcular a área da região  $K$ , vamos considerar a decomposição que já está indicada na figura: em dois triângulos e um retângulo.

- Área do triângulo que contém o vértice  $V$ :  $A_1 = \left(\frac{2}{3}\right) \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{2}{3}$ .
- Área do triângulo que contém o vértice  $(0, 3)$ :  $A_2 = 1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2}$ .
- Área do retângulo:  $A_3 = 1 \cdot 2 = 2$ .

$$\text{Área total: } A = A_1 + A_2 + A_3 = \frac{2}{3} + \frac{1}{2} + 2 = \frac{19}{6}.$$

- Seja  $S = 2x + y$ . Se somarmos as inequações “completas” que definem a região, obtemos

$$4x + 2y \leq 8,$$

ou seja,  $2x + y \leq 4$ . Portanto,  $S$  vale no máximo 4. Veremos que  $S$  vale exatamente 4.

Isso pode ser feito de duas maneiras:

A primeira maneira é percebendo que o ponto  $(1,2) \in K$  e nesse ponto  $S$  vale exatamente 4. Logo, o maior valor de  $S$  é 4.

A segunda maneira é reconhecendo que, fixado o valor de  $x$ , quanto maior for o valor de  $y$ , maior será o valor de  $S = 2x + y$ . Portanto, o valor máximo será atingido num ponto que está sobre uma das retas que limitam superiormente a região.

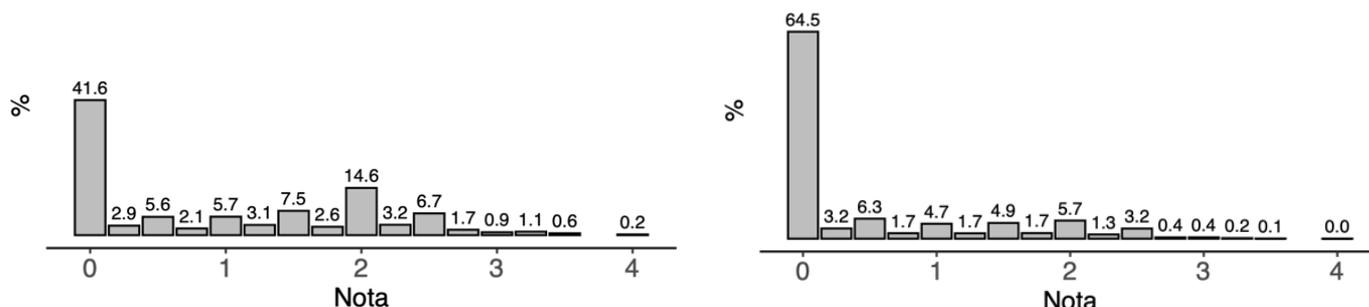
Na reta  $x + y = 3$ , temos que  $y = 3 - x$  e daí  $S = 2x + (3 - x) = x + 3$ . Como essa reta limita a região quando  $x \in [0,1]$ , o maior valor de  $S$  nessa reta será quando  $x = 1$ , portanto  $S = 4$ .

Na reta  $3x + y = 5$ , temos que  $y = 5 - 3x$  e daí  $S = 2x + (5 - 3x) = 5 - x$ . Como essa reta limita a região quando  $x \in [1, 5/3]$ , o maior valor será obtido quando  $x = 1$ , e, portanto, é  $S = 4$ .

Em qualquer dos casos, o valor máximo é sempre 4.

## Desempenho dos candidatos

O desempenho dos candidatos nessa questão está indicado a seguir, considerando, de cima para baixo, primeira a prova de Exatas/Biológicas e, na sequência, a prova de Humanas/Artes.



## Comentários Gerais

Essa questão foi considerada difícil na prova de Exatas/Biológicas e muito difícil na prova de Humanas/Artes. Uma grande quantidade de questões, principalmente nas provas de Humanas/Artes, estava em branco.

Um erro comum na (a) foi não calcular corretamente o vértice, ou então calculá-lo de forma aproximada, comprometendo o resultado da conta. A decomposição errada da região em figuras “básicas” (como triângulos, retângulos, trapézios) também comprometeu a questão de alguns candidatos. Na (b), um erro comum foi não justificar a escolha do vértice para fazer a conta do máximo, ou então chegar à conclusão da conta superior, mas sem obter um valor adequado que assumisse tal máximo.

## BIOLOGIA

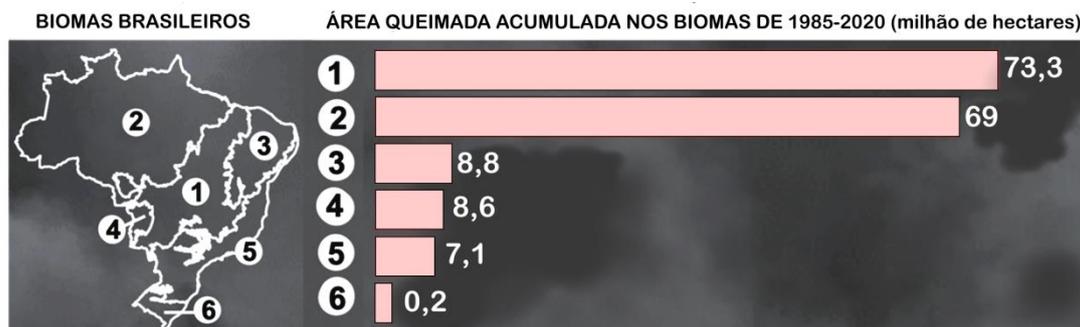
A Banca Elaboradora formulou seis questões de Biologia para a prova da Área de Ciências Biológicas/Saúde, contemplando uma variedade de temas do programa do vestibular 2022, com cuidado especial para não haver sobreposição de temas com a prova da 1ª Fase do mesmo vestibular, com as provas das duas últimas edições do vestibular UNICAMP, UNESP, USP e ENEM, e com a prova de Vagas Remanescentes. Houve também atenção em elaborar questões com nível de dificuldade variável, incluindo questões de média dificuldade e questões também consideradas difíceis. As questões exigiram do candidato conhecimento e aplicação do conteúdo programático do Ensino Médio relativo à Biologia, bem como a integração interdisciplinar entre Biologia e outras áreas do conhecimento. Temas atuais abordados nessa prova tiveram destaque da mídia/imprensa.

Além disso, foram elaboradas questões que pudessem selecionar candidatos que trouxessem algumas das características desejadas para o aluno ingressante da UNICAMP, a saber, conhecimento de assuntos atuais e de temas importantes para a ciência e para a sociedade, capacidade de interpretação e análise de dados, de gráficos e de tabelas, e capacidade de raciocínio lógico e de argumentação associados ao conhecimento específico da Biologia.

Todos os corretores apontaram dificuldade no entendimento da caligrafia. Houve também menção, pelos corretores, a desvios das normas gramaticais e ortografia nas respostas dos candidatos.

### Questão 11

O levantamento realizado pelo Projeto MapBiomias apresenta o impacto do fogo sobre o território nacional. Aproximadamente 167 milhões de hectares de área foram queimados ao menos uma vez no Brasil entre 1985 e 2020, sendo que 65% da área total queimada era ocupada por vegetação nativa.



(Adaptado de <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Infograficos/MBI-fogo-infografico-PTBR-aprovado.jpg>. Acessado em 10/09/2021.)

- a) O bioma com maior área queimada acumulada possui uma grande variedade de ambientes e de paisagens (fitofisionomias); cite dois tipos de formação vegetal desse bioma. Explique uma motivação para a ação antrópica associada às queimadas nesse bioma.
- b) “A golpes de machado, derrubam a árvore, à qual, depois de estar no chão, lhe tiram todo o branco; porque no âmago dele está o Brasil”. O trecho retrata o processo de exploração de uma árvore endêmica da floresta, bioma devastado à exaustão desde o início da colonização portuguesa, e que hoje possui a menor cobertura original de vegetação entre todos os biomas brasileiros. Esse bioma abriga o maior número de espécies endêmicas de aves do Brasil, porém muitas estão ameaçadas de extinção. Qual é o bioma retratado no texto? Explique a importância ecológica das aves para a recuperação de áreas degradadas.

(Fonte: A. F. Brandão. *Diálogos das grandezas do Brasil*. Recife. Imprensa Universitária, 1966 [1618]; <https://www.nationalgeographicbrasil.com/natgeo-ilustra>. Acessado em 19/11/2021.)

### Objetivo da Questão

**Itens do programa das provas abordados na questão:**

**O ambiente e a vida:**

- Fluxos de energia e matéria em ecossistemas e biomas;
- Ecossistemas, populações e comunidades;
- Interações ecológicas;
- Problemas ambientais contemporâneos.

Quanto ao conhecimento de Biologia, o candidato foi avaliado quanto a: (a) conhecer assuntos atuais e temas importantes para a sociedade; (b) conhecer a constituição e formações vegetais dos biomas Cerrado e Mata Atlântica, assim como a localização geográfica dos mesmos no mapa fornecido; (c) conhecer o conceito de influência antrópica; e (d) conhecer a importância ecológica das aves.

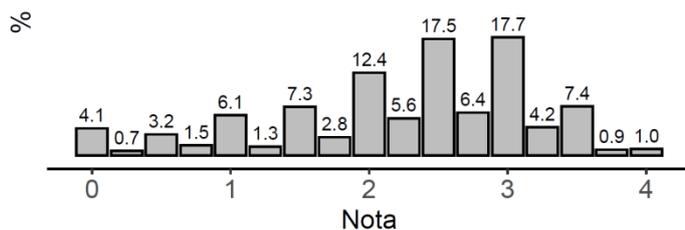
Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas na figura para a resolução do item a; (b) habilidade de integração de conhecimento; e (c) capacidade de argumentação lógica.

## Resposta Esperada

a) Dois tipos de formação vegetal do bioma Cerrado incluem: formações campestres (como os campos rupestres) e formações florestais (como o cerradão). Uma motivação para a ação antrópica associada à queima da vegetação do bioma é a eliminação da cobertura vegetação original para dar lugar tanto às pastagens e à criação de animais como ao plantio de espécies de importância econômica.

b) O bioma retratado no texto é a Mata Atlântica. As aves conseguem se deslocar rapidamente e percorrer grandes distâncias, sendo importantes no processo de recuperação de áreas degradadas, pois atuam como dispersoras de sementes das espécies de árvores nativas e favorecem, assim, o aumento da área coberta por vegetação.

## Desempenho dos candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi 2,25 e o desvio padrão de 0,93 (**item a** com média de 0,78 e desvio padrão de 0,49; **item b** com média de 1,47 e desvio padrão de 0,60).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: citaram características morfológicas das plantas do cerrado (e não de formações vegetais), assim como causas naturais das queimadas (e não a motivação antrópica).

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: citaram o bioma Amazônia; e alguns confundiram os conceitos de polinização e de dispersão; citaram as aves como parte da cadeia alimentar, sem relacionar seu papel na dispersão de sementes em áreas degradadas.

A questão foi considerada de dificuldade média pela banca elaboradora e fácil pelo revisor de área. Considerando o desempenho dos candidatos, a questão também teve dificuldade média, com índice de facilidade de 0,56 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi fácil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,72.

De modo importante, o índice de discriminação geral da questão foi de 0,44, considerado bom, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. Separadamente, a capacidade discriminatória para o curso de Medicina foi fraca e para os demais cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi boa, com índices de 0,14 e 0,42, respectivamente.

## Questão 12

A queima de biomassa causa intensa produção de poluentes atmosféricos, entre os quais podemos incluir o material particulado. Quanto menor for a partícula, mais ela conseguirá penetrar profundamente no sistema respiratório, chegando aos alvéolos pulmonares. Pesquisadores observaram que a exposição ao material particulado com diâmetro menor que 10 µm (PM<sub>10</sub>) está associado com danos no DNA das células pulmonares.

(Fonte: N. de Oliveira Alves e outros, *Scientific Reports*, Londres, v. 7, n. 1, p.10937, set. 2017.)

- a) Cite duas estruturas do sistema respiratório que compõem o percurso do ar entre a cavidade nasal e os alvéolos pulmonares em humanos. Considerando o ciclo celular, explique como a exposição ao PM<sub>10</sub> pode promover o desenvolvimento de câncer de pulmão.
- b) O termo “respiração” pode ser empregado para o processo de trocas gasosas com o meio externo através de superfícies respiratórias. Neste sentido, complete a tabela abaixo com o tipo de respiração de cada animal citado.

ANIMAL	TIPO DE RESPIRAÇÃO
MINHOCA	
CARANGUEJO	
BEIJA-FLOR	
BALEIA AZUL	

## Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordados na questão:

### Saúde humana:

- Estrutura e função de células, órgãos e sistemas;
- Agressões à saúde das populações.

### Diversidade, estrutura e função biológica:

- Biologia dos animais.

### Bases moleculares e celulares da vida:

- Ciclo celular.

Quanto ao conhecimento de Biologia, o candidato foi avaliado quanto a: (a) conhecer assuntos atuais e temas importantes para a sociedade; (b) conhecer estruturas anatômicas básicas do sistema respiratório; (c) conhecer o ciclo celular e relacionar danos no DNA com câncer, explicando mecanismos celulares que são associados à doença; e (d) conhecer os tipos de respiração em diferentes grupos animais.

Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas no enunciado para a elaboração de hipótese; e a (b) capacidade de argumentação lógica.

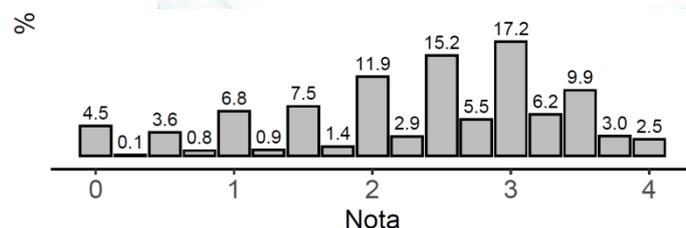
## Resposta Esperada

a) Podem ser citadas como estruturas do sistema respiratório que compõem o percurso do ar entre a cavidade nasal e os alvéolos: faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos. Considerando que a exposição ao PM<sub>10</sub> está associada com danos no DNA, poderão ocorrer mutações no material genético. Como consequência do acúmulo de mutações, possíveis alterações no controle do ciclo celular podem promover o aumento da proliferação celular e/ou a diminuição das taxas de morte celular programada, originando o câncer.

b)

ANIMAL	TIPO DE RESPIRAÇÃO
MINHOCA	Cutânea
CARANGUEJO	Branquial
BEIJA-FLOR	Pulmonar
BALEIA AZUL	Pulmonar

## Desempenho dos candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi 2,35 e o desvio padrão de 1,00 (**item a** com média de 1,10 e desvio padrão de 0,49; **item b** com média de 1,26 e desvio padrão de 0,66).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: transcreveram as informações do enunciado na resposta; consideraram que o PM<sub>10</sub> obstrui as estruturas respiratórias, levando ao desenvolvimento de câncer de pulmão; citaram o ciclo celular de forma genérica; confundiram os conceitos de replicação, duplicação e multiplicação; e citaram estruturas de outros sistemas, tais como do sistema cardiovascular (coração, ventrículos, átrios).

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: citaram que baleia possui respiração branquial ou que o tipo de respiração é pelo espiráculo; citaram que o caranguejo possui respiração traqueal ou por túbulos de Malpighi; citaram que a minhoca possui respiração epitelial; citaram que o beija-flor possui respiração por sacos aéreos ou bronquial; e citaram respiração aeróbia e anaeróbia.

A questão foi considerada de dificuldade média pela banca elaboradora e pelo revisor de área. Considerando o desempenho dos candidatos, a questão também teve dificuldade média, com índice de facilidade de 0,59 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi fácil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,78.

De modo importante, o índice de discriminação geral da questão foi de 0,51, considerado ótimo e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. Separadamente, a capacidade discriminatória para o curso de Medicina foi fraca e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi boa, com índices de 0,16 e 0,48, respectivamente.

## Questão 13

É #FAKENEWS que resultado negativo em teste de anticorpos indique que a vacina Coronavac não funciona. Circula, nos grupos de Whatsapp, um vídeo – de autor não identificado – cujo conteúdo explora conceitos e métodos inexatos de desenvolvimento de vacina, indica remédio sem eficácia comprovada para covid-19 e traz informações incorretas sobre a vacina produzida pelo Butantan.

(Fonte: <https://www1.folha.uol.com.br/equilibriosaude/2021/06/e-mentira-que-resultado-negativo-em-teste-de-anticorpos-indica-que-coronavac-nao-funci%20ona.shtml>. Acessado em 31/08/2021.)

- a) Qual é a célula responsável pela produção de anticorpos no organismo? Considerando que a resposta imune desenvolvida pela vacinação não depende apenas de anticorpos, explique o mecanismo de resposta imune desconhecido pelo autor do vídeo, incluindo um tipo celular envolvido.
- b) A emergência das variantes do SARS-CoV-2 suscitou preocupação quanto à eficácia das vacinas contra as cepas que estão se tornando predominantes na pandemia. Como um exemplo de evolução convergente, a mutação compartilhada N501Y no gene S está presente nas variantes P.1 (Japão), B.1.351 (África do Sul) e B.1.1.7 (Reino Unido). Defina evolução convergente. Do ponto de vista evolutivo, explique por que as variantes estão se tornando predominantes na pandemia.

(Fonte: <https://newslab.com.br/as-variantes-do-coronavirus> [...]. Acessado em 31/08/2021.)

## Objetivo da Questão

**Itens do programa das provas abordados na questão:**

**Saúde humana:**

- Estrutura e função de células, órgãos e sistemas;
- Doenças causadas por microrganismos.

**Diversidade, estrutura e função biológica:**

- Biologia de vírus, bactérias, protistas e fungos.

**Origem e evolução da vida:**

- Origem e diversificação da vida;
- Variabilidade genética e o papel das mutações;
- Evolução biológica e intervenção antrópica.

Quanto ao conhecimento de Biologia, o candidato foi avaliado quanto a: (a) conhecer assuntos atuais, temas importantes para a sociedade e contrastar a ciência e as *fake news*; (b) conhecer os principais tipos celulares do sistema imunológico e contrastar os tipos de resposta imune (humoral e celular); (c) conhecer os mecanismos básicos da resposta imune na vacinação; (d) conhecer os tipos de evolução, com ênfase em

evolução convergente; e (e) compreender padrões de evolução viral e suas consequências para evolução da pandemia do novo coronavírus.

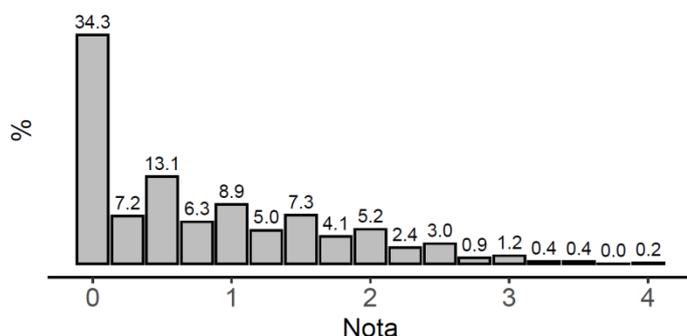
Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a: capacidade de interpretação das informações fornecidas no enunciado para a elaboração de hipótese; a (b) capacidade de argumentação lógica; e a (c) capacidade de integrar conhecimento.

## Resposta Esperada

a) A célula responsável pela produção de anticorpos é o linfócito B (ou plasmócito). O autor do vídeo desconhece a resposta imune celular, na qual os linfócitos T citotóxicos podem reconhecer e destruir células alteradas, como aquelas infectadas por vírus, enquanto os linfócitos T auxiliares podem estimular a atividade dos macrófagos (fagócito).

b) A evolução convergente ocorre quando duas espécies desenvolvem estruturas, características morfológicas ou bioquímicas ou ainda funções semelhantes, que as dotam da habilidade de sobrevivência ou reprodução frente à mesma pressão seletiva. As novas variantes virais estão se tornando predominantes na pandemia, pois as mutações encontradas nas cepas determinam características que estabelecem vantagens seletivas em relação a outras cepas, pela maior capacidade de infecção e/ou transmissão e/ou sobrevivência e/ou reprodução do que as variantes virais pré-existentes.

## Desempenho dos candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi 0,80 e o desvio padrão de 0,85 (**item a** com média de 0,36 e desvio padrão de 0,45; **item b** com média de 0,43 e desvio padrão de 0,53).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: confundiram o tipo celular que produz anticorpos e citaram outros tipos celulares, como macrófagos, hemácias e linfócitos T; explicaram o processo de imunização ativa pela vacinação.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: confundiram evolução convergente e especiação; associaram a vacinação como um mecanismo de seleção natural às variantes; e associaram as mutações com conceitos de Lamarckismo.

A questão foi considerada difícil pela banca elaboradora e pelo revisor de área. Considerando o desempenho dos candidatos, a questão foi muito difícil, com índice de facilidade de 0,20 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi difícil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,39.

De modo importante, o índice de discriminação geral da questão foi de 0,42, considerado bom, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. Separadamente, a capacidade discriminatória para o curso de Medicina foi boa e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi marginal, com índices de 0,30 e 0,22, respectivamente.

## Questão 14

Embora a teoria cromossômica mendeliana da hereditariedade estivesse bem fundamentada na década de 1920, buscavam-se evidências celulares de que os cromossomos trocavam partes (*crossing-over*). Essas evidências justificariam porque algumas observações diferiam do esperado pela segregação independente de cromossomos.

a) Diversos estudos sobre a genética de milho, conduzidos por Lowell Fitz Randolph, buscaram identificar evidências celulares do *crossing-over* em metáfase I. Entretanto, quando Bárbara McClintock investigou o *crossing-over* em paquíteno (uma das subfases da prófase I), a pesquisadora obteve sucesso junto ao microscópio. Explique uma razão do sucesso nos experimentos de Bárbara McClintock. Cite uma importância do *crossing-over*.

b) A tabela ao lado representa a proporção fenotípica de indivíduos (geração F1), após o cruzamento, em um experimento realizado em milho. Sendo os genes responsáveis pelos fenótipos F, G e H ligados nesta sequência, o que é possível inferir sobre a distância entre os genes? Justifique. Considere que f, g e h representam estados fenotípicos alternativos para os caracteres controlados pelos genes responsáveis por F, G e H, respectivamente. A partir das informações fornecidas e de seus conhecimentos sobre genética e biologia celular, explique por que as frequências observadas diferem do que seria esperado, considerando-se a Segunda Lei de Mendel.

Frequência	Fenótipo
40%	F G H
40%	f g h
2,5%	F g h
2,5%	f G H
7,5%	F G h
7,5%	f g H

### Objetivo da Questão

**Itens do programa das provas abordados na questão:**

**Bases moleculares e celulares da vida:**

– Ciclo celular e divisão celular mitótica e meiótica.

**Hereditariedade:**

– Hereditariedade e material genético: DNA e RNA;  
– Leis de segregação mendeliana e padrões de herança.

**Origem e evolução da vida:**

– Variabilidade genética e o papel das mutações.

Quanto ao conhecimento de Biologia, o candidato foi avaliado quanto a: (a) conhecer conceitos sobre genética e divisão celular, incluindo *crossing-over*, recombinação e as fases da meiose; (b) conhecer as bases celulares do processo de recombinação genética e compreender sua importância para o processo evolutivo; e (c) conhecer a segunda Lei de Mendel e o processo de recombinação genética.

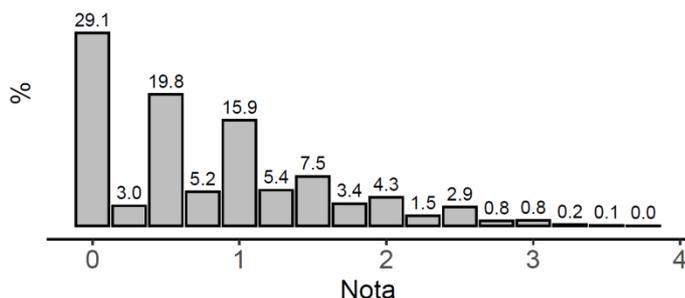
Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas e de analisar dados para a elaboração de hipótese; e a (b) capacidade de argumentação lógica.

### Resposta Esperada

a) A pesquisadora obteve sucesso ao microscópio, pois os cromossomos homólogos em paquíteno da prófase I estão emparelhados e menos condensados do que os cromossomos em metáfase I, sendo possível distinguir as características cromossômicas, e conseqüentemente identificar a troca de segmentos entre cromossomos homólogos no *crossing-over*. O *crossing-over* resulta em recombinação genética, levando à produção de gametas com composição genética distinta da dos parentais, conseqüentemente aumentando a variabilidade genética.

b) É possível inferir que a distância entre os locos que condicionam as características F e G é de 5 UR (Unidade de Recombinação), enquanto a distância entre os locos envolvidos nos fenótipos G e H é de 15 UR, ou seja, os locos F e G estão mais próximos entre si e os locos G e H estão mais distantes. As frequências observadas diferem do que seria esperado, considerando-se a segunda lei de Mendel. Se houvesse a segregação independente desses genes em cromossomos diferentes, seriam esperadas as mesmas proporções entre os diferentes fenótipos em F1. Entretanto, os genes F, G e H não segregam independentemente durante a meiose, pois estão ligados em um mesmo cromossomo.

## Desempenho dos candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi 0,80 e o desvio padrão de 0,75 (**item a** com média de 0,59 e desvio padrão de 0,51; **item b** com média de 0,20 e desvio padrão de 0,39).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: confundiram os termos e os conceitos de variabilidade, diversidade e variedade genética; não explicaram que os cromossomos homólogos em paquíteno da prófase I estão emparelhados e menos condensados do que os cromossomos em metáfase I.

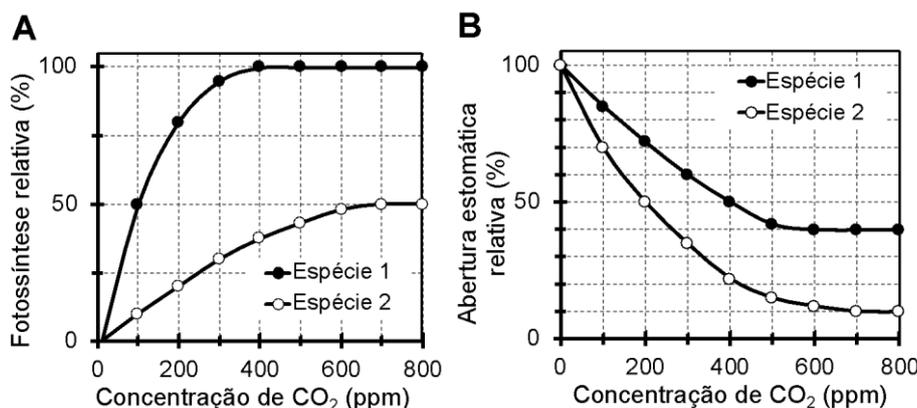
**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: não calcularam a distância entre os genes pelas porcentagens apresentadas na tabela; não explicaram o motivo pelo qual as frequências observadas diferem da segunda Lei de Mendel; não associaram as frequências esperadas com a segregação independente dos cromossomos homólogos.

A questão foi considerada difícil pela banca elaboradora e pelo revisor de área. Considerando o desempenho dos candidatos, a questão foi muito difícil, com índice de facilidade de 0,20 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi difícil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,36.

De modo importante, o índice de discriminação geral da questão foi de 0,37, considerado bom, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. Separadamente, a capacidade discriminatória para o curso de Medicina e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi marginal, com índices de 0,25 e 0,20, respectivamente.

## Questão 15

Como parte do complexo ecossistema terrestre, as espécies vegetais devem responder ao aumento da concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico. Todavia, respostas diferenciais ao aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  são esperadas em função do metabolismo fotossintético. Nas figuras abaixo, as variações relativas da fotossíntese (painel A) e da abertura dos estômatos (painel B) em função do aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico (parte por milhão, ppm) são apresentadas para duas espécies. Observe que a fotossíntese máxima da espécie 2 é a metade do valor máximo da espécie 1 e que a abertura estomática máxima é igual nas duas espécies.



- Considerando que a fotossíntese pode ser expressa como uma reação enzimática de carboxilação, qual espécie possui a enzima fotossintética com maior afinidade pelo substrato  $\text{CO}_2$ ? Justifique sua resposta.
- Qual é a principal função dos estômatos? A eficiência do uso da água pelas plantas – calculada pela relação entre a fotossíntese e a abertura estomática – é um critério para selecionar plantas tolerantes à

falta de água. Em uma atmosfera com 800 ppm de CO<sub>2</sub>, qual espécie teria maior eficiência do uso da água? Justifique sua resposta.

## Objetivo da Questão

**Itens do programa das provas abordados na questão:**

**Bases moleculares e celulares da vida:**

– Componentes bioquímicos da célula.

**Diversidade, estrutura e função biológica:**

– Biologia das plantas e algas.

Quanto ao conhecimento de Biologia, o candidato foi avaliado quanto a: (a) conhecer o conceito de cinética enzimática; e (b) conhecer a função dos estômatos.

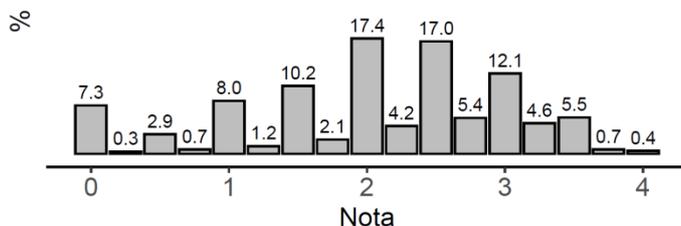
Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas e de analisar dados para a elaboração de hipótese; e (b) argumentação lógica.

## Resposta Esperada

a) A espécie 1 possui a enzima fotossintética com maior afinidade pelo substrato CO<sub>2</sub>. De acordo com o painel A, em baixa concentração do substrato CO<sub>2</sub>, quando a disponibilidade de substrato limita a atividade fotossintética, a espécie 1 apresenta maior fotossíntese. Por exemplo, a fotossíntese da espécie 1 é cinco vezes maior do que a fotossíntese da espécie 2 a 100 ppm de CO<sub>2</sub>.

b) Os estômatos têm a função de regular as trocas gasosas entre as plantas e a atmosfera, permitindo a entrada de CO<sub>2</sub> para o processo fotossintético e a perda de vapor d'água por transpiração. Em uma atmosfera com 800 ppm de CO<sub>2</sub>, a espécie 2 tem maior eficiência do uso da água, pois a relação entre a fotossíntese e a abertura estomática da espécie 2 seria de 50/10 (ou 5,0), enquanto a espécie 1 teria uma relação de 100/40 (ou 2,5).

## Desempenho dos candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi 2,07 e o desvio padrão de 0,96 (**item a** com média de 0,97 e desvio padrão de 0,52; **item b** com média de 1,10 e desvio padrão de 0,61).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: não compreenderam o conceito de afinidade enzima-substrato e não conseguiram interpretar o gráfico para justificar a afinidade da enzima fotossintética pelo substrato CO<sub>2</sub>; apenas descreveram o gráfico e o interpretaram erroneamente.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: não apresentaram a função dos estômatos; e não calcularam a relação entre a fotossíntese e a abertura estomática.

A questão foi considerada de dificuldade média pela banca elaboradora e difícil pelo revisor de área. Considerando o desempenho dos candidatos, a questão teve dificuldade média, com índice de facilidade de 0,52 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi fácil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,69.

De modo importante, o índice de discriminação geral da questão foi de 0,46, considerado bom, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. Separadamente, a capacidade discriminatória para o curso de Medicina foi fraca e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi boa, com índices de 0,20 e 0,40, respectivamente.

## Questão 16

Na cidade de Yogyakarta (Indonésia), foi aplicado um método que usa bactérias *Wolbachia* em mosquitos. Com isso, reduziram em 77% os casos de dengue. Estudos preliminares com o mesmo método, realizados pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), demonstraram resultados promissores com “redução de até 77% dos casos de dengue [...] nas áreas que receberam os *Aedes aegypti* com *Wolbachia*, quando comparado com áreas que não receberam”. Os resultados sugerem que a bactéria *Wolbachia* compete por recursos e dificulta a replicação do vírus da dengue, sendo, então, menos provável que o mosquito cause a infecção quando pica alguém.

(Fonte: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2021/06/11/infeccao-por-dengue-cai-77percent-em-teste-com-bacteria-em-mosquito-aedes-aegypti...ghml>. Acessado em 13/09/2021.)

- a) Considerando as informações apresentadas no enunciado, qual é o nome do método de controle de vetores utilizado em Yogyakarta para redução dos casos de dengue? Cite duas vantagens desse método.
- b) A malária é transmitida pela picada do mosquito do gênero *Anopheles* e sabe-se que 99% dos casos são registrados na região amazônica\*. Explique um fator ambiental que favoreça a manutenção do ciclo de transmissão nessa região. Assim como muitos outros insetos, os mosquitos dos gêneros *Anopheles* e *Aedes* possuem uma característica morfológica que lhes permitiu a colonização e a ampla distribuição geográfica. Qual é essa característica morfológica? Justifique a sua resposta.

(\*Fonte: <http://portal.fiocruz.br/noticia/malaria-regiao-amazonica-concentra-99-dos-casos-no-brasil>. Acessado em 17/09/2021.)

## Objetivo da Questão

**Itens do programa das provas abordados na questão:**

**O ambiente e a vida:**

- Interações ecológicas;
- Problemas ambientais contemporâneos.

**Diversidade, estrutura e função biológica:**

- Biologia de vírus, bactérias, protistas e fungos;
- Biologia dos animais.

**Saúde humana:**

- O que é saúde.
- Agressões à saúde das populações, saneamento e serviços de saúde;
- Doenças causadas por microrganismos e vetores transmissores de doença.

Quanto ao conhecimento de Biologia, o candidato foi avaliado quanto a: (a) conhecer os métodos de controle de vetores, especificamente o controle biológico e suas vantagens; (b) conhecer o ciclo de vida dos vírus, os hospedeiros e compreender como bactérias podem influenciar o ciclo de vida dos vírus ao infectar um dos hospedeiros; (c) conhecer as características geográficas e climáticas da região Amazônica, relevando a interdisciplinaridade da questão; (d) conhecer o ciclo de vida e de transmissão do protozoário do gênero *Plasmodium*, causador da malária; e (e) conhecer as características morfológicas dos insetos e aplicar esse conhecimento na distribuição geográfica desses animais.

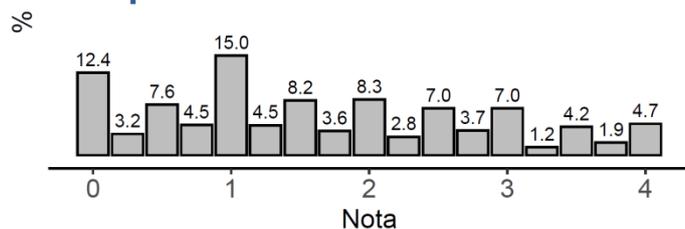
Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a: (a) capacidade de interpretação das informações; a (b) capacidade de argumentação lógica e elaboração de hipótese; e a (c) habilidade de integração de conhecimento;

## Resposta Esperada

a) O nome do método empregado na cidade de Yogyakarta é “controle biológico”. Dentre as vantagens desse método, podemos citar a redução do uso de inseticidas, o menor impacto ambiental (visto que o referido método não polui águas e solo), e o menor dano à saúde da população.

b) Um fator ambiental da região Amazônica que favorece a manutenção do ciclo de transmissão da malária é o grande volume pluviométrico ao longo do ano, o que aumenta a formação de corpos de água limpa e parada, onde o mosquito deposita seus ovos, favorecendo, assim, a disseminação do vetor. A característica morfológica é a presença de asas; a conseqüente capacidade de voar favorece o deslocamento e a dispersão, permitindo a ampla colonização e a distribuição geográfica dos insetos.

## Desempenho dos candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi 1,64 e o desvio padrão de 1,17 (**item a** com média de 0,69 e desvio padrão de 0,74; **item b** com média de 0,95 e desvio padrão de 0,66).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: citaram o controle natural ou controle biótico; citaram a relação ecológica, como competição interespecífica; e citaram a transgenia e a biorremediação.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: confundiram terminologias geográficas, clima e ações antrópicas; não associaram o fator ambiental ao ciclo de vida dos vetores; não citaram uma característica morfológica dos insetos.

A questão foi considerada de dificuldade média pela Banca Elaboradora e pelo Revisor de Área. Considerando o desempenho dos candidatos, a questão também teve dificuldade média, com índice de facilidade de 0,41 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi fácil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,64.

De modo importante, o índice de discriminação geral da questão foi de 0,59, considerado ótimo e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. Separadamente, a capacidade discriminatória para o curso de Medicina e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi boa, com índice de 0,42 para todos os cursos.

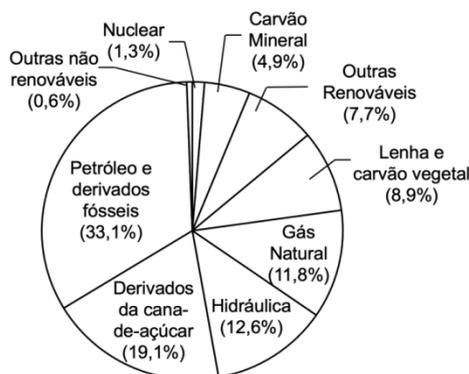
## QUÍMICA

A prova de Química da segunda fase do vestibular da Unicamp 2022 abordou temas atuais e relevantes para toda a sociedade. A Banca Elaboradora procurou contextualizar os conteúdos do programa dentro da temática CTSA (Ciência, Tecnologia, Saúde e Ambiente). Assim, das seis questões da prova, três abordaram temas relacionados à energia, meio ambiente e sustentabilidade (questões 17, 20 e 21); uma questão abordou temas relacionados à ciência, tecnologia e saúde (questão 22); e duas delas temas relacionados a química e cotidiano – ao explorar o tema de drogas ilícitas (19) e problemas de saúde animal dentro do contexto da agropecuária, de grande importância internacional (questões 18) –. Todas essas temáticas foram abordadas nos enunciados das questões e nas perguntas em específico, sempre explorando aspectos gerais ou de conteúdo programático da área de química. Tendo em vista o desempenho dos candidatos, pode-se considerar que a prova foi de nível médio a difícil (3 questões de nível médio e 3 difícil, segundo a análise estatística), apesar de os temas abordados – como equilíbrio químico, acidez, termoquímica, cinética estequiometria e eletroquímica – estarem presentes na maioria das provas de Química dos vestibulares recentes. A Banca Elaboradora acredita que a exigência de leitura atenta, interpretação dos enunciados e avaliação de figuras, tabelas ou gráficos pode ter dificultado a resolução das questões. A hipótese se confirma pela constatação de que em algumas questões o enunciado já traz parte da resolução, bastando ao candidato ir um pouco além, completando, portanto, a resposta de forma mais elaborada à luz do conhecimento químico. Entender o que se lê, saber extrair informações coerentes de figuras, gráficos e tabelas e efetuar análises críticas são habilidades esperadas dos futuros graduandos da UNICAMP.

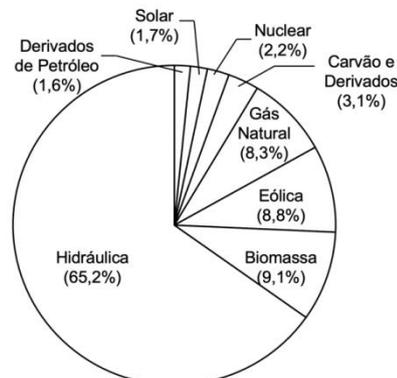
## Questão 17

O combustível do futuro, o  $H_2$ , está sendo anunciado em uma representação que guarda semelhança com o espectro de cores de um arco-íris. O hidrogênio verde é produzido por eletrólise da água, eletrólise esta alimentada só por fontes renováveis de energia como a eólica, a solar e a hidráulica. Todas as outras cores envolvem fontes não renováveis de energia, as quais se utilizam, ou não, da eletrólise. O marrom é produto da gaseificação de carvão mineral, e o cinza é obtido a partir da reforma do gás natural. Para os  $H_2$  marrom e cinza, os gases emitidos na sua produção, inclusive o  $CO_2$ , vão para a atmosfera. O azul é uma variante do marrom ou do cinza quando se captura e se armazena o dióxido de carbono. O hidrogênio, contudo, pode ser classificado em outras cores.

- a) De acordo com as informações do texto, indique três critérios gerais, utilizados para classificar o  $H_2$  nas diversas cores.
- b) Considerando as condições ambientais, climáticas e econômicas em 2021, bem como a composição das matrizes energética e elétrica brasileiras (ano-base: 2020), comente, separadamente, os desafios para a implementação do  $H_2$  verde e azul como fonte de combustível alternativo.



Matriz Energética Brasileira (2020)



Matriz Elétrica Brasileira (2020)

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética

## Objetivo da Questão

A questão se baseia num exemplo prático de aplicação de um conhecimento químico, dentro do contexto de química e sociedade, ao retratar a produção de gás hidrogênio, um combustível alternativo que vem crescendo em aplicação no transporte. Um dos objetivos da questão era evidenciar as possíveis formas de produção desse gás (fonte de matéria prima e de energia) e, ao mesmo tempo, alertar para o fato de que as possíveis fontes de energia para essa produção impactam diretamente a matriz energética brasileira e mundial. As consequências dessa produção para o país e o meio ambiente são igualmente preocupantes e isso pode ser abstraído nas entrelinhas do texto apresentado. A questão é bem genérica, não se inserindo em nenhuma área específica das Ciências da Natureza. A estrutura da questão privilegia a leitura e interpretação de texto, ao mesmo tempo que chama o candidato para uma leitura crítica das vantagens e consequências da utilização desse combustível alternativo.

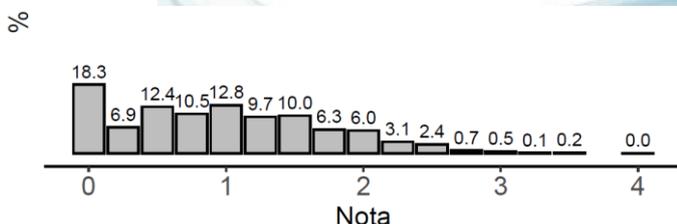
## Resposta Esperada

- a) De acordo com o texto, os três critérios gerais que permitem classificar o  $H_2$  em diversas cores são:
- Matéria-prima para a produção do  $H_2$ : água, carvão, metano;
  - Tipos de fonte de energia: renováveis ou não-renováveis;
  - Emissão e/ou captura ou não-emissão de  $CO_2$ .

b)  $H_2$  verde: O hidrogênio verde é produzido por eletrólise da água, eletrólise esta alimentada só por fontes renováveis de energia. Considerando que na matriz energética brasileira a energia renovável brasileira representa 13% do total e, acrescentando-se a crise hídrica de 2021, conclui-se que esse seria o grande desafio para se adotar o  $H_2$  verde. Além desse fato, a forte dependência da matriz elétrica vinculada à fonte hidráulica exige a expansão de outras fontes de energia renovável.

$H_2$  azul: O hidrogênio azul é uma variante do marrom ou do cinza (produto da gaseificação de carvão mineral ou da reforma do gás natural) quando se captura e se armazena o dióxido de carbono. O grande desafio enfrentado para sua implementação são as tecnologias e custo de captura e armazenamento do  $CO_2$  e, particularmente no Brasil em 2021, o alto custo dos combustíveis de origem fóssil.

## Desempenho dos candidatos



O índice de discriminação foi de 0,326, sendo a questão considerada "boa" pela análise estatística. A média foi de 1,26 em 4 pontos possíveis, sendo que ambos os itens tiveram

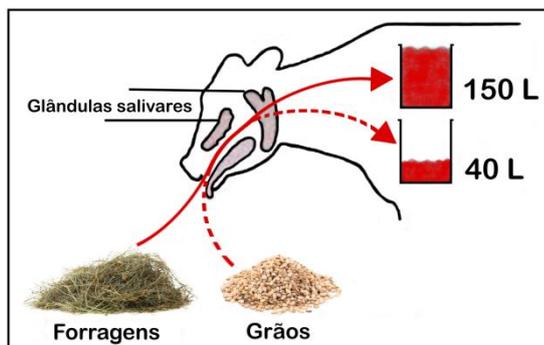
pontuação semelhante. Embora a questão não tenha um conteúdo específico questionado, ou seja, não há um assunto específico explorado na questão, ela exige uma leitura cuidadosa das informações para responder ao item a) e uma boa capacidade de leitura de dados em forma gráfica para responder corretamente ao item b). Assim, o desempenho dos candidatos, nota média em torno de 3,2 em 10 pontos, mostra a dificuldade dos candidatos com leitura e interpretação de dados na forma de gráficos.

## Comentários Gerais

No item a, o acerto mais comum foi diferenciar os diversos hidrogênios de acordo com a matéria-prima e de acordo com a fonte de energia, sem especificar, no entanto, essas duas formas de classificação, apenas relatando-as de forma genérica. No item b, o acerto mais comum foi para as dificuldades em implementar o hidrogênio verde, já que a sua descrição é mais declarada no texto e esse tipo de hidrogênio também é mais estudado no ensino médio. O erro mais comum dos candidatos em ambos os itens foi a falta de especificidade nas respostas. Em geral, a perda de pontuação se deu em virtude da apresentação dos argumentos de forma muito genérica. No item a), o erro mais comum foi utilizar a eletrólise como critério de classificação, o que não é correto. Muitos candidatos também citaram a fonte como um dos critérios, porém não especificaram se a fonte era de energia ou de matéria. A questão apresentou índice de facilidade de 0,341, sendo considerada uma questão difícil. Como comentado no item sobre o desempenho, a questão não se baseia num conteúdo específico de química, mas sim na releitura e interpretação de texto no item a) e de interpretação de dados no item b). Dessa forma, a dificuldade que os candidatos apresentaram se deveu a esse tipo de habilidade e não de conhecimento de um assunto específico. Na verdade, a banca se ateve a todos os problemas de aprendizagem a que os candidatos foram submetidos nos dois anos de pandemia e procurou não exigir o domínio de um conteúdo específico, privilegiando a verificação das habilidades e competências de leitura e interpretação nessa questão. O índice de zero e brancos foi em torno de 10%, o que pode ser considerado baixo, porém não há como correlacionar essa marca com o conhecimento ou não-conhecimento de um determinado conteúdo, uma vez que, como apontado anteriormente, não há um conteúdo químico específico na questão. Pode-se, então, atribuir essa baixa pontuação à dificuldade dos candidatos em ler e interpretar informações, tanto do ponto de vista de uma simples interpretação na forma de um texto (item a) como na interpretação de informações quantitativas em forma de gráfico e figura e sua utilização na elaboração da justificativa (item b).

## Questão 18

O pH do rúmen de bovinos varia entre 5,7 e 7,3, valores diretamente dependentes da alimentação. Em vacas leiteiras de alta produção, a acidose (pH ruminal < 6,0) é um problema comum, o que pode levar à acidose láctica, a abscessos hepáticos, à redução na digestão de fibras e à redução da gordura no leite. Isso ocorre quando a vaca ingere alimentos com muitos grãos, alimentos estes que contêm amido ou açúcar rapidamente digerível. Um alto valor de pH (> 7) será observado em dietas com forrageiras de baixa qualidade, suplementadas com ureia. A maior parte do tampão no rúmen vem na forma de saliva, que é gerada quando a vaca mastiga o alimento. A figura abaixo mostra esquematicamente o que ocorre com a produção de saliva, a depender do tipo de alimentação. A tabela mostra a composição média da saliva bovina.



Composição da Saliva	Concentração (mmol L <sup>-1</sup> )
sódio	160
potássio	6,2
cloreto	7,1
hidrogenocarbonato	126
fosfato	26
matéria seca	1,0

- Considerando essas informações, aponte e discuta, do ponto de vista químico, duas razões pelas quais uma alimentação rica em grãos pode conduzir a uma acidose ruminal.
- Numa situação de acidose ruminal, apenas um dos seguintes suplementos alimentares poderia ser fornecido às vacas para solucionar o problema:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaCl}$  ou  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Explique, do ponto de vista químico, por que dois deles não poderiam ser usados e um deles seria o único indicado.

## Objetivo da Questão

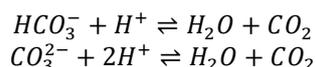
Por meio de um exemplo presente em nosso cotidiano, visto o Brasil ter uma agropecuária de importância mundial, a questão explora, dentro do contexto de química e sociedade, o tema do equilíbrio químico e de conceitos ácido-base. A questão aborda o conceito da acidose ruminal e como o tipo de alimentação influencia no seu controle, considerando o volume de produção de saliva e as reações químicas envolvidas nos alimentos. Com base nas informações fornecidas no enunciado e na figura, questiona-se, como do ponto de vista químico, uma alimentação rica em grãos pode conduzir a acidose ruminal. A segunda parte da questão (item b), são fornecidos os suplementos alimentares que poderiam ser utilizados para controlar o acidose e se questiona, do ponto de vista químico, quais poderiam e quais não poderiam ser utilizados. O enunciado traz informações importantes para a resolução da questão, a qual exige conhecimentos básicos de conceitos ácido-base e de reação química.

## Resposta Esperada

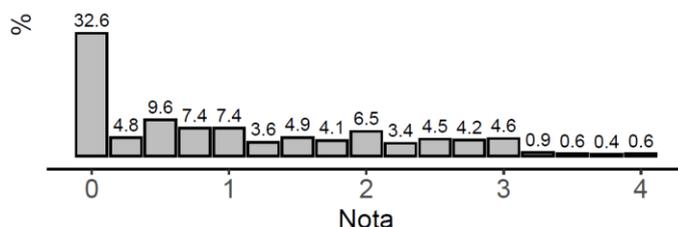
a) Segundo o texto, a fermentação dos açúcares e amido presentes nos grãos contribui para a acidose ruminal, pois produz substâncias ácidas, diminuindo os valores de pH. Outro fator é a menor quantidade de saliva produzida, que atua como tampão, mantendo o pH do meio.

b) Não poderiam ser utilizados:  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e  $\text{NaCl}$ . A substância  $\text{NH}_4\text{Cl}$  é um sal que sofre hidrólise, resultando no aumento da concentração de íons  $\text{H}^+$  e, portanto, ao ser dissolvida em água, ocasiona um aumento da acidez do meio. O  $\text{NaCl}$  é um sal que não sofre hidrólise, portanto não influencia o equilíbrio iônico da água; logo, não interfere no pH do meio.

Seria indicado:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Tanto carbonato quanto o hidrogenocarbonato são espécies que reagem com íons  $\text{H}^+$  em solução, diminuindo sua concentração, o que resulta no aumento do pH, de acordo com as equações abaixo:



## Desempenho dos candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,260, sendo considerada uma questão difícil. A porcentagem de notas zero nesta questão surpreendeu a banca corretora, pois o item **a** depende essencialmente de leitura do enunciado, sendo que parte da informação

está disponível, sendo necessária apenas a interpretação das informações. Assim, esperava-se uma maior concentração de notas até dois, o que se observa se não considerarmos as notas zero. O item **b** exigia um conhecimento prévio da natureza química dos sais envolvidos. Desta forma, desconsiderando as notas zero, o perfil de notas observado está dentro do previsto pela banca elaborada. O índice de discriminação foi de 0,489, sendo a questão considerada boa pela análise estatística.

## Comentários Gerais

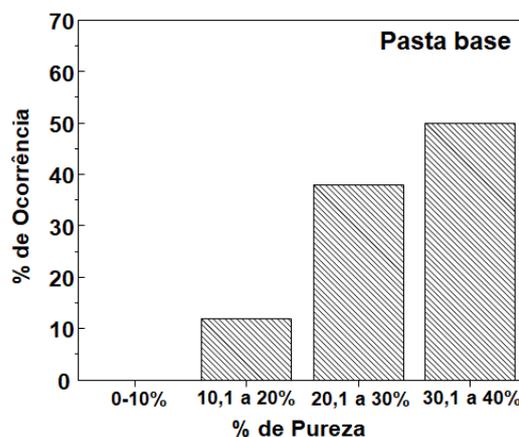
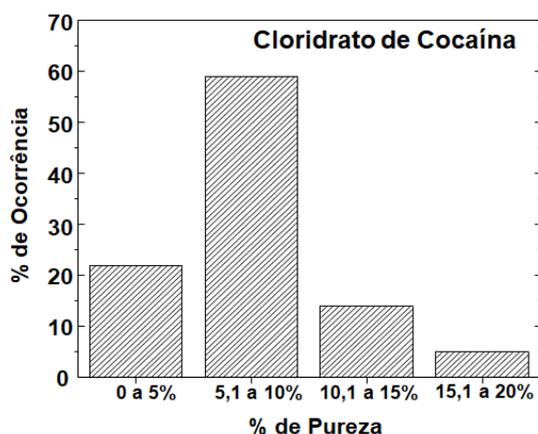
No item a), das duas razões solicitadas para explicar, do ponto de vista químico, a acidose produzida por alimentação rica em grãos, que foi mais assertiva pelos candidatos, foi o menor volume de saliva produzida por essa alimentação. A segunda razão, associada à fermentação dos açúcares e amido presentes nos grãos produzindo substâncias ácidas (diminuindo os valores de pH), foi trazida por muitos candidatos, mas de formas imprecisas, revelando uma dificuldade com o formalismo químico e com os conceitos, além de uma dificuldade de expressar seu entendimento. As principais causas de erro no item a), além de um número relativamente elevado de questões em branco, foram: os grãos têm glicose e essa tem hidroxilas da função álcool que são ácidas, o amido tem cadeia longa, demora muito para ser degradado, os grãos são constituídos de aminoácidos que são ácidos, os grãos são ricos em gordura que fazem mal ao fígado, além da politização das respostas: os grãos são mais usados porque saem mais barato para produzir e o agricultor é explorado (ou é explorador), e os grãos fazem mal ao meio-ambiente e à saúde da vaca. No que se refere ao volume de saliva, um erro comum foi considerar a saliva como um solvente e, portanto, a menor produção aumentaria concentração de  $\text{H}^+$ , levando à acidose. No item b), a maior dificuldade foi a identificação do caráter ácido-base dos sais apresentados bem como o fato de desconhecerem a reação básica do carbonato em meio ácido, consumindo  $\text{H}^+$  para gerar  $\text{CO}_2$  e água, o que proporciona o aumento

do pH (redução da acidez). Embora os conceitos ácido-base sejam bastante explorados no ensino fundamental e médio e cobrados de forma recorrente em várias questões do vestibular COMVEST (inclusive na primeira fase do vestibular 2022), observa-se que há uma grande dificuldade na interpretação dos enunciados, quando o conceito é apresentado de forma contextualizada a uma aplicação cotidiana. Ainda é persistente a dificuldade na compreensão do conceito de pH (aumento da concentração de  $H^+$  reduz o pH ou redução da concentração de  $H^+$  aumenta pH) e como reações químicas influenciam nesse equilíbrio químico, como é o caso da reação do carbonato em meio ácido. O padrão de acertos ficou dentro do previsto pela banca elaboradora. A porcentagem de notas zero surpreendeu a banca corretora, pois o item a dependia essencialmente de leitura do enunciado, sendo que parte da informação está disponível, dependendo apenas de interpretação. Assim, esperava-se uma maior concentração de notas até dois, o que se observa se não considerarmos as notas zero. Tanto a banca de elaboração como a de revisão classificaram a questão como de nível médio, o que foi corroborado pelos dados estatísticos.

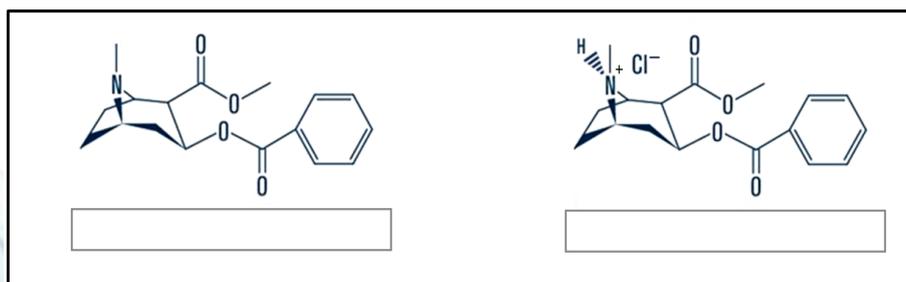
### Questão 19

O mercado de drogas lícitas e ilícitas traz uma série de problemas à sociedade moderna, relativamente à saúde pública, evasão de divisas, criminalidade, entre outros. A cocaína, na forma de cloridrato, é um pó branco, muito solúvel em água, parcialmente solúvel em álcool e insolúvel em éter. Como base livre, a cocaína é branca ou ligeiramente amarela, muito pouco solúvel em água, um pouco solúvel em álcool e solúvel em éter. A cocaína de rua (cocaína e crack) geralmente vem adulterada, contendo outras substâncias. Assim, a toxicidade e o efeito de sua ingestão são frequentemente afetados por esses adulterantes.

- a) Considerando as informações do texto e utilizando as fórmulas estruturais dadas pela figura no campo de resposta, complete a referida figura, de forma a transformá-la na equação de equilíbrio entre o cloridrato de cocaína e a pasta base, identificando, na equação, as duas espécies químicas. Explique, levando em conta as interações intermoleculares envolvidas na solubilização, as diferenças de solubilidades descritas no texto.
- b) O histograma da figura abaixo mostra os resultados dos testes de pureza de muitas amostras dos dois tipos de cocaínas comercializadas nas ruas de um estado brasileiro. De acordo com esses dados, em média, qual produto está mais adulterado: cloridrato de cocaína ou pasta base? Explique.



a)



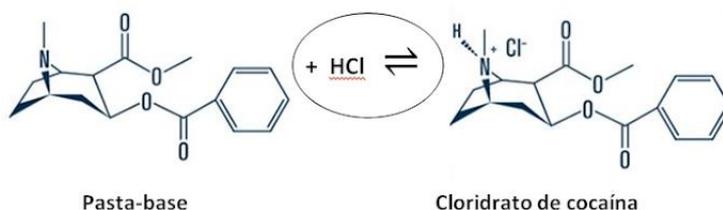
### Objetivo da Questão

As Habilidades gerais exploradas pela questão e descritas no programa foram: ler, analisar, comparar e interpretar informações em textos variados, gráficos, figuras, imagens etc.; resolver problemas de Química

que envolvam: aplicação de conceitos e informações a situações; e elaborar respostas escritas que envolvam a descrição, exposição e argumentação crítica com base no conteúdo programático da Química. A questão envolve diferentes conteúdos do programa a saber: Compostos Orgânicos, Equilíbrios Químicos, Polaridade molecular, forças intermoleculares, reações químicas e análise de gráficos. A questão envolveu a aplicação dos diferentes conceitos na análise de uma situação específica da química (análise de uma equação que descreve uma reação em equilíbrio) e, no item b, a análise gráfica, explorando uma situação mais ampla, com aplicação direta no cotidiano. A questão exigiu dos estudantes a interpretação da distribuição de uma análise química com uma amostragem ampla, algo comum não apenas na química, mas em diferentes áreas do conhecimento, como a geografia e a biologia. Os candidatos deveriam ter conhecimentos sobre o reconhecimento de estruturas da química orgânica e sobre como a solubilidade de compostos é afetada pela polaridade dos mesmos. No item b, a questão cobra a interpretação de um histograma que descreve uma situação cotidiana, tendo forte relação com a matemática. Os conceitos relacionados à polaridade são fundamentais para a compreensão de diferentes situações cotidianas; a interpretação de histogramas permite compreender como amostras estão distribuídas em um determinado contexto, não sendo um conhecimento específico da Química, uma vez que tais modelos gráficos são utilizados em todas as áreas do conhecimento.

## Resposta Esperada

a)

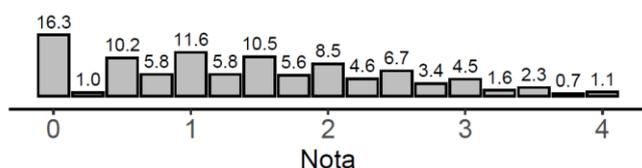


O cloridrato de cocaína apresenta uma carga iônica. A principal interação intermolecular entre o cloridrato de cocaína e o solvente é do tipo íon-dipolo. Assim, quanto maior a polaridade do solvente (água > álcool > éter), maior a interação e, portanto, maior a solubilidade. No caso da pasta base, as interações soluto-solvente são de baixa energia (dipolo-dipolo induzido e dipolo induzido-dipolo induzido), enquanto que as energias solvente-solvente estão na ordem água > álcool > éter, sendo altas no caso da água e do álcool (dipolo-dipolo) e mais baixa no éter (dipolo induzido-dipolo induzido). Dessa forma, pode-se supor que as diferenças entre as energias, soluto-solvente e solvente-solvente, sejam mais favoráveis na ordem éter, álcool, água, o que explicaria as diferenças de solubilidade para a pasta base.

b) O mais adulterado é o cloridrato de cocaína. Os percentuais de pureza do cloridrato de cocaína situam-se na faixa de 0 a 20 %, sendo que 80% das amostras apresentam pureza entre 5 e 10%. No caso da pasta base, os percentuais de pureza se situam entre 10 e 40%, com aproximadamente 90% das amostras com pureza acima de 20% (sendo 50% das amostras na faixa de 30 a 40% de pureza). Isso leva a concluir que a droga mais adulterada é o cloridrato de cocaína.

## Desempenho dos candidatos

∞



A questão apresentou índice de facilidade de 0,353, sendo considerada uma questão difícil. O desempenho geral dos estudantes teve uma distribuição homogênea, mas com uma parcela significativa com notas entre 0,5 e 2,5 pontos. A porcentagem de 16,3% de notas zero, apesar de

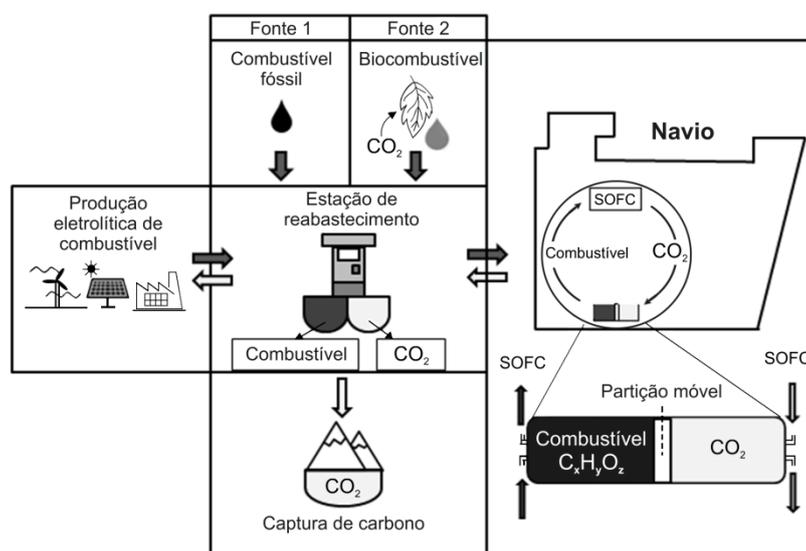
não representar um valor elevado, pode ser justificada uma vez que a questão apresenta diferentes conhecimentos correlacionados (equilíbrio, solubilidade, forças intermoleculares, etc). Ainda, a representação das moléculas utilizadas, apesar de ser alvo dos estudos no ensino médio não se situa entre a mais comum, o que pode ter gerado dificuldade para a interpretação. Sendo o item b um componente de interpretação gráfica, era esperado um maior índice de acertos. Tal item contribuiu para a menor porcentagem de notas zero obtidas em tal questão. O índice de discriminação foi de 0,519, sendo a questão considerada ótima pela análise estatística.

## Comentários Gerais

No item a, os acertos mais comuns se relacionaram com a identificação das espécies (pasta-base e cloridrato) e o preenchimento adequado da equação química. A grande parte dos erros se concentrou na dificuldade de relacionar as propriedades da solubilidade com as forças intermoleculares e com a polaridade. As interações íon dipolo-dipolo permanente foram menos citadas pelos candidatos e poucos candidatos efetivamente compararam as forças entre solvente-soluto nos dois sistemas – pasta base/solvente com o cloridrato/solvente, sendo este ponto o mais sensível em relação aos erros. No item b, de modo geral, os candidatos foram capazes de compreender o histograma. No entanto, como este tipo de representação envolve a interpretação de um conjunto de dados e não apenas de um dado pontual, parte das respostas se mostraram incompletas, não atingindo a pontuação máxima. Foi muito comum a utilização de apenas uma barra do gráfico e não a média dos valores encontrados. Ainda que a questão seja considerada difícil, o índice de notas zero esperado devido a, pelo menos em parte, a questão se relacionar a interpretação gráfica e a conceitos da química que não apresentam alta complexidade.

### Questão 20

Navios cargueiros são responsáveis por 3% de todas as emissões de  $\text{CO}_2$ . Utilizando células de combustível de óxido sólido (SOFC) associadas à captura de  $\text{CO}_2$  “on board”, pesquisadores propõem tornar carbono neutro ou mesmo carbono negativo os navios. A SOFC funciona a partir da oxidação do combustível com oxigênio puro, extraído do ar, numa célula eletroquímica que dá origem a uma corrente elétrica. Nesse caso específico, o  $\text{CO}_2$  produzido é, então, armazenado no estado líquido, no espaço deixado pelo combustível queimado, num tanque com partição móvel. Esse  $\text{CO}_2$  deve ser reutilizado ou então armazenado adequadamente na natureza. A figura ao lado mostra como funciona o esquema proposto.



- Considerando o que se informa no texto, qual a importância, para o bom funcionamento da proposta, do uso das células de combustível em relação a motores de explosão interna (como os usados em carros convencionais e navios comuns)? Em condições ambientes, o  $\text{CO}_2$  é mais estável no estado gasoso; do ponto de vista prático, o que é preciso fazer, nas condições da proposta, para estocá-lo?
- De acordo com o texto e a figura acima, qual fonte de combustível (1 e 2) seria classificada como carbono neutro e qual como carbono negativo. Justifique suas escolhas.

## Objetivo da Questão

A busca por combustíveis alternativos e ambientalmente amigáveis tem levado à busca também de novos métodos de produção, inclusive embarcados nos próprios veículos. Esta questão aborda aspectos de química e sociedade, materiais e conceitos de gases, explorando a produção e tecnologias para tornar os combustíveis utilizados fontes de carbono neutro ou mesmo negativo, tendo um navio como exemplo. No item a, questiona-se qual a importância para o bom funcionamento da proposta de carbono neutro (reutilizado ou armazenado) do uso das células a combustível em relação aos motores de combustão interna e quais as condições para estocar o  $\text{CO}_2$ , explorando aqui o conhecimento da equação geral dos gases. O item b explora o conhecimento do candidato sobre conceitos bastante explorados quando se trata de sustentabilidade e combustíveis, que é a busca do carbono neutro ou carbono negativo, cuja diferenciação está esquematizada na figura apresentada no enunciado. O carbono neutro envolve um ciclo do combustível que não contribui para o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico mas não atua também em sua redução. Já o conceito de carbono negativo envolve um ciclo do combustível que proporciona uma redução na concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico. Esta questão é bastante elaborada e traz temas de grande relevância para a sociedade.

## Resposta Esperada

a) A importância, para o bom funcionamento da proposta, do uso das células de combustível (SOFC) em relação a motores de explosão interna é que a SOFC oxida o combustível com oxigênio puro enquanto no motor de explosão interna utiliza-se o ar atmosférico diretamente. Portanto, com a SOFC, o  $\text{CO}_2$  produzido não contém  $\text{N}_2$ . Isso é uma grande vantagem na estocagem do  $\text{CO}_2$ , pois não é necessário separar o  $\text{N}_2$  do  $\text{CO}_2$  para a estocagem como ocorreria no motor a combustão interna. Do ponto de vista prático, para estocar o  $\text{CO}_2$ , é preciso aumentar a pressão e diminuir a temperatura.

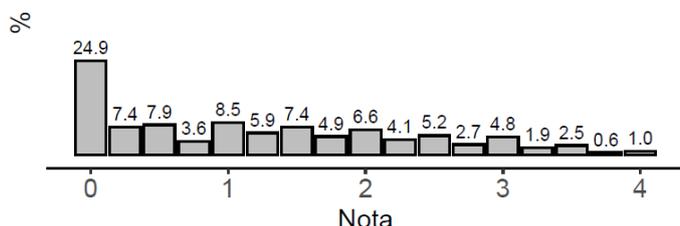
b)

Carbono NEUTRO: Fonte 1 ou Combustível Fóssil.

Carbono NEGATIVO: Fonte 1 ou Combustível Fóssil.

O combustível fóssil é uma fonte de carbono neutro, na proposta, pois, o  $\text{CO}_2$  gerado é capturado, devendo ser estocado ou reutilizado. O biocombustível, por sua vez, é uma fonte de carbono negativo, na proposta, pois, além do  $\text{CO}_2$  produzido na sua queima ser capturado, estocado ou reutilizado, o biocombustível é produzido a partir da captura de  $\text{CO}_2$  atmosférico.

## Desempenho dos candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,306, sendo considerada uma questão difícil. A questão apresentou aproximadamente 25% de notas zero, compostas em sua maioria por respostas em branco. As notas foram bem distribuídas entre os itens, com predominância

de notas de 0 a 2, porém, sem uma predominância majoritária por um dos itens da questão, ou seja, tanto os itens a e b tiveram percentuais semelhantes de nota 1, sendo que o item b foi o que induziu a maiores erros, promovidos pela falta de compreensão do conceito de carbono neutro e negativo. O índice de discriminação foi de 0,528 sendo a questão considerada ótima pela análise estatística.

## Comentários Gerais

No que se refere ao item **a** da questão, a principal fonte de erro foi a não compreensão de que a célula de combustível utiliza  $\text{O}_2$  puro (como consta no enunciado) enquanto o motor a combustão interna utiliza ar, majoritariamente constituído por  $\text{N}_2$ . Como o processo de carbono neutro representado no navio envolve a estocagem do  $\text{CO}_2$  no próprio compartimento de estocagem do combustível, o uso de ar acarretaria em estocar uma grande quantidade de  $\text{N}_2$  em vez de  $\text{CO}_2$ . Utilizando a SOFC não temos o armazenamento de  $\text{N}_2$  somente de  $\text{CO}_2$ . A segunda parte do item **a** representou a maioria da nota 1 deste item, pois o conhecimento da equação geral dos gases pelos candidatos permitiu responder adequadamente que, do ponto de vista prático, para estocar o  $\text{CO}_2$ , é preciso aumentar a pressão e diminuir a temperatura. No que se refere ao item **b**, a principal erro foi a não compreensão do conceito de carbono neutro e carbono negativo representado na figura. Uma parcela significativa de candidatos associou o termo "negativo" como uma característica prejudicial, associando assim o combustível fóssil como uma fonte negativa, no sentido, de ser poluente. Entretanto, a figura mostra que o combustível 2 - biocombustível é produzido retirando  $\text{CO}_2$  da atmosfera e, após sua queima, é capturado e armazenado. Desta forma, de maneira simplista, o balanço é negativo, ou seja, a concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico é reduzido, o que é algo extremamente importante quando se trata de aquecimento global. No caso do combustível fóssil, o carbono é retirado de onde está armazenado (petróleo) e, após sua queima como combustível, é capturado e armazenado, gerando um balanço de carbono neutro. Neste item b, a principal parcela de nota 1 está relacionada a associação correta da fonte e da classificação do carbono, porém, sem a justificativa apropriada. Ainda nesta questão, no item b, vários candidatos não compreenderam o contexto, explicando que não existe carbono negativo referindo-se ao estado de oxidação. Esta questão foi classificada pela banca elaboradora como difícil, o que foi corroborado pelos dados estatísticos, devido a necessidade de uma interpretação do enunciado, da figura e de conhecimentos prévios. Por estas características a questão foi considerada ótima pela análise estatística, no que se refere ao índice de discriminação. Consideramos esta questão bastante elaborada e contextualizada com os problemas contemporâneos da sociedade.

Questão 21

Analise os cartoons a seguir antes de responder às questões em a) e b).

Cartoon A



Cartoon B



Cartoon C

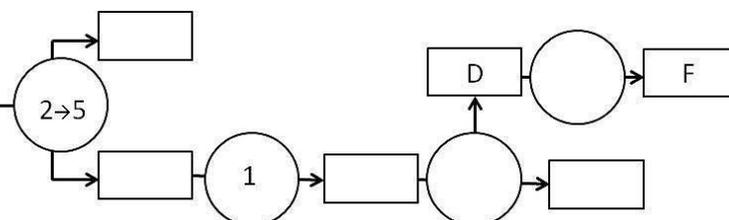


a) Para os cartoons A e B, indique, separadamente, uma ação (verbo) que pode ser realizada para superar os desafios impostos pelo cartoon C. Dê um exemplo concreto para cada ação (verbo) indicada. As ações enumeradas não podem corresponder à proposta apresentada no item b, a seguir.

b) O processo de obtenção de metais provenientes de resíduos eletrônicos consiste na mineração urbana, que se baseia no conceito de economia circular. O fluxograma do campo de resposta apresenta uma forma de recuperação de metais do lixo eletrônico. Complete o fluxograma, utilizando os códigos para processos (números) e espécies (letras), apresentados no quadro ao lado do fluxograma do campo de resposta, de modo a tornar correto o processo representado pelo fluxograma. Cada processo ou espécie pode ser representado por um ou mais códigos que podem ser repetidos em campos diferentes.



Resíduo eletrônico



○ Processos	□ Espécies
1 - Dissolução	A - $M1^{x+}$ (aq)
2 - Moagem	B - $M1(OH)_x(s)$
3 - Eletrodeposição	C - $M1(s)$
4 - Precipitação	D - $M2^{y+}$ (aq)
5 - Decantação	E - Não -Metais
	F - $M2(s)$

### Objetivo da Questão

A questão se contextualiza numa situação prática real, qual seja, a coleta de lixo e reciclagem, focando questões mais centrais desse assunto como o consumismo e suas consequências para a sociedade e o meio ambiente. Também foca o processo de reciclagem específico para materiais elétricos e eletrônicos. A questão apresenta duas características principais, mostra aspectos gerais do hábito humano de consumo exagerado e suas consequências para a vida e também evidencia aspectos técnicos na recuperação de metais de circuitos eletrônicos. Assim, o item a) é genérico e se aplica a um conhecimento científico geral e desejável ao cidadão, o que permite concluir que pode ser explorado em áreas como a Biologia, Física e Geografia.

### Resposta Esperada

a)

Cartoon A - REDUZIR (ou sinônimos)

Cartoon B - REAPROVEITAR / REUTILIZAR (ou sinônimos)

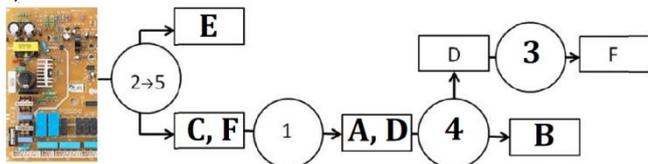
Esses verbos associados aos cartoons A e B correlacionam-se com o cartoon C, pois implicam em ações que visam reduzir o descarte de materiais, economizando recursos naturais.

Exemplo da ação de reduzir: produção de eletrônicos com maior vida útil ou com menor caráter de obsolescência.

Exemplo de ação de reaproveitar: como destacado pelo cartoon B (pesca do vaso sanitário), evitar o descarte de produtos que possam continuar sendo utilizados na sua forma original.

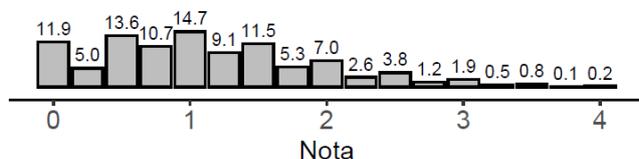
A ação enumerada que não podem corresponder à proposta apresentada no item b) é a ação de RECICLAR.

b)



## Desempenho dos candidatos

∞



A distribuição de notas se concentrou mais entre zero e dois pontos em 4 possíveis, mostrando a dificuldade dos candidatos. Como se vê no gráfico acima, a distribuição apresenta um perfil bem linear, o que pode indicar o caráter genérico da questão. O item b da

questão é mais específico e remete ao reconhecimento de processos químicos de separação de materiais, um assunto bem básico em química. Dessa forma, era de se esperar um desempenho melhor dos candidatos, já que não se trata de uma questão que exige um conhecimento muito específico e difícil. O índice de discriminação foi de 0,290, sendo a questão considerada marginal pela análise estatística.

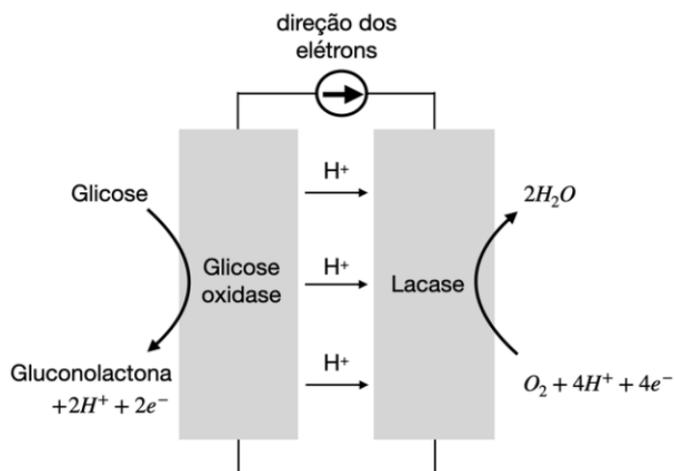
## Comentários Gerais

O item a exige que se nomeiem ações que possam caracterizar o processo de diminuição do uso de recursos naturais pelo homem, levando em conta uma diminuição no consumo ou então na reutilização dos materiais e objetos descartados. Assim, a resposta correta ao item a exige que se apontem ações como reutilizar, recuperar e reduzir, conforme indica o cartoon C. Também se espera que se indiquem exemplos práticos dessas ações. Nesse sentido, os acertos mais comuns foram a indicação das ações, muitas vezes sem a descrição de um exemplo prático dessa ação. O item b exige o reconhecimento de processos de transformação e separação de materiais e também e sua descrição física ou química. Nesse sentido, o item b) exige que se domine aspectos de natureza macroscópica e linguagem, o que contempla dois dos três pilares representacionais da química: macroscópico, representacional e sub-microscópico, lembrando que o quadro de informações fornecido na questão, facilita a resposta, já que o item passa a exigir um “reconhecimento” e não o conhecimento. Assim, o acerto mais comum neste item foi identificar como separar metais de plásticos por meio da densidade. O erro mais comum no item a) foi descrever como uma possível ação a reciclagem. Entretanto, o item a) informava que as ações enumeradas no item b) não poderiam ser utilizadas na resposta do item a. O item b) tratava de reciclagem. Outro erro comum foi indicar uma ação possível, mas não a exemplificar adequadamente. Nesse item, esperava-se fortemente a indicação da ação de reutilização de materiais e objetos no cartoon b), já que a personagem “pesca” uma bacia de banheiro completa, inclusive com o assento plástico, mas essa não foi a opção mais utilizada, embora isso não configurasse em erro na resposta. No item b), o erro mais comum foi não indicar a transformação metal → íon metálico, um aspecto mais específico do conhecimento químico. A banca esperava um desempenho melhor dos candidatos, a questão tinha um aspecto mais genérico no item a) e mais específico no item b). No entanto, a especificidade no item b) é amenizada pela inserção de informações que permitem “reconhecer” e não “conhecer” a respeito do assunto, o que a torna mais fácil. No entanto, parece que isso não serviu apropriadamente para facilitar a resposta. É importante ressaltar que o conteúdo específico exigido, principalmente no item b), é básico, fundamental e central no entendimento da Química. A questão apresentou índice de facilidade de 0,282, sendo considerada uma questão difícil. Esse não era um resultado esperado, já que a questão permeia um campo vastamente explorado em diversas áreas do conhecimento e portanto do ensino desse conhecimento. Enquanto o item b) é um pouco específico, o item a) é bem genérico, o que deveria aumentar a facilidade, mas não foi o observado. A quantidade de brancos e zeros foi em torno de 11%, um valor elevado para o assunto, lembrando que o item a) da questão é muito genérico, vastamente explorado em várias disciplinas e também na mídia, o que não justifica esse resultado. O que levou muitos candidatos a zerarem na questão foi o fato de não pontuarem no item mais fácil (a), e isso ocorreu pois muitos candidatos utilizaram a ação de reciclar como

uma das possibilidades para os cartoons A e B, o que não era uma opção, já que o item excluía essa possibilidade. Também deixaram de pontuar por não reconhecerem que a separação entre metais e plásticos em geral pode ser feita a partir de processos que se baseiam na diferença de densidade, o que se pedia no item b), logo nos dois primeiros quadros da figura. Vale observar que a figura informa o processo inicial de moagem e decantação, o que remete à diferença de densidade.

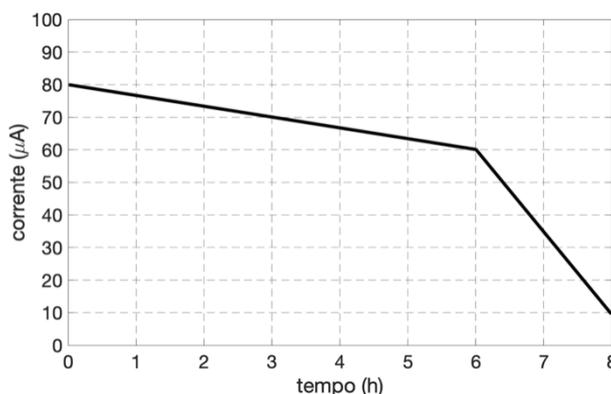
### Questão 22

Recentemente, pesquisadores desenvolveram uma célula eletroquímica que usa glicose como combustível para gerar eletricidade (figura ao lado). Na célula usam-se enzimas adsorvidas em eletrodos de papel, onde ocorrem as reações que geram a corrente elétrica. O eletrodo da esquerda é previamente mergulhado em solução de glicose ( $20 \times 10^{-3}$  mol/L) e, depois de retirado dessa solução, a célula está pronta para funcionar. No seu funcionamento (no gráfico, no campo de resposta), observa-se uma queda da corrente ao longo do tempo, um reflexo da diminuição da concentração da glicose. Assim, para efeito de cálculo, pode-se considerar que a intensidade da corrente elétrica é diretamente proporcional à concentração de glicose.



- a) Imagine uma situação em que esta célula eletroquímica esteja inserida diretamente na corrente sanguínea de um indivíduo saudável, cuja concentração de glicose é 90 mg/dL. No gráfico do espaço de resposta, esboce a curva da corrente em função do tempo, produzida pela célula nesta situação. Construa a curva, usando argumentos quantitativos, e justifique seu formato.
- b) Com base nas informações do gráfico disposto no espaço de resposta, calcule a quantidade, em mol de glicose, que foi consumida durante as primeiras 3 horas de funcionamento.

Dado: massa molar da glicose = 180 g/mol. Constante de Faraday: 96500 C/mol (1 C = A·s)



### Objetivo da Questão

As habilidades gerais cobradas na questão foram: ler, analisar, comparar e interpretar informações em textos variados, gráficos, figuras, imagens etc.; resolver problemas de Química que envolvam: aplicação de conceitos e informações a situações; descrever, analisar e relacionar conceitos fundamentais da Química e elaborar respostas escritas que envolvam a descrição, exposição e argumentação crítica com base no conteúdo programático da Química. Os conteúdos programáticos envolvidos na questão foram: Transformação geral dos materiais, estequiometria, eletroquímica, cálculos de concentração de soluções e composição geral dos materiais. A questão aborda uma aplicação direta de sistemas químicos na área da saúde, envolvendo transformações químicas e o desenvolvimento de produtos para uso e melhoria da qualidade de vida dos seres humanos. Diferente da aplicação convencional da eletroquímica na produção

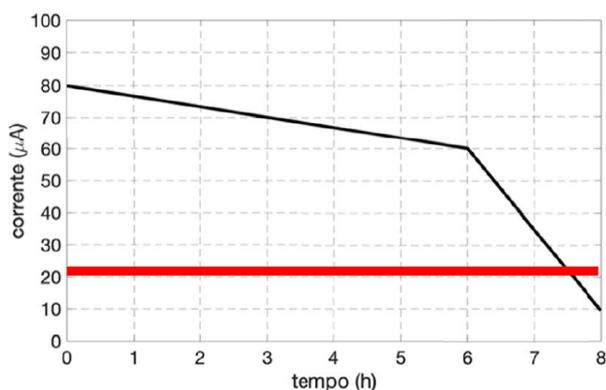
de energia elétrica em pilhas e baterias, a questão explora o potencial desta área de conhecimento na produção de dispositivos de medição de propriedades relacionadas ao corpo humano e, portanto, tem relação com a área das Ciências Biológicas. Os objetivos da questão envolvem a interpretação de situações onde o conhecimento químico é aplicado. Foi exigido que os estudantes compreendessem como a produção de elétrons em uma transformação química pode gerar uma medida que, associada a outras variáveis, gera um dado que possibilita a tomada de decisão frente a uma situação. A questão também cobrou dos candidatos, conhecimentos procedimentais para a execução de cálculos estequiométricos e a correlação dos resultados com outras medidas na elaboração de um gráfico, pressupondo assim o uso de representações distintas.

## Resposta Esperada

a) Sendo que a concentração de glicose é proporcional à corrente, pode-se comparar os dados fornecidos com a concentração de glicose no sangue, convertida para a unidade mol/L.

$$C = \frac{90 \cdot 10^{-3} \text{ g glicose}}{1 \cdot 10^{-1} \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol de glicose}}{180 \text{ g glicose}} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Este valor é 4 vezes menor do que o apresentado em relação à concentração inicial utilizada para a construção do gráfico. Portanto, neste caso, estima-se que a corrente inicial seja 4 vezes menor. Considerando que, no organismo, a concentração de glicose se mantém aproximadamente constante, a corrente fornecida ao longo do tempo também será constante. Deste modo, a curva pode ser representada por:



b) Em 3 horas, a carga é a área abaixo da curva do gráfico (área do trapézio). A unidade foi convertida para Coulomb.

$$Q = \frac{(80 + 70) \cdot 3 \cdot 10^{-6} \cdot 3600}{2} = 0,81 \text{ C}$$

Convertendo a carga na quantidade equivalente de mols de elétrons:

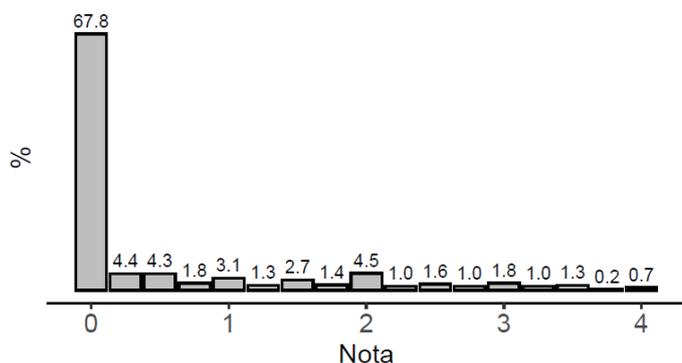
$$n_{\text{elétrons}} = 0,81 \text{ C} \cdot \frac{1 \text{ mol de elétrons}}{96500 \text{ C}} = 8,39 \cdot 10^{-6} \text{ mol de elétrons}$$

Pela equação química, 2 mols de elétrons são utilizados no consumo de 1 mol de glicose.

$$n_{\text{mols de glicose}} = 8,39 \cdot 10^{-6} \text{ mol de elétrons} \cdot \frac{1 \text{ mol de glicose}}{2 \text{ mol de elétrons}} = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol de glicose}$$

Portanto, a quantidade que foi consumida durante as primeiras 3 horas de funcionamento é  $4,2 \cdot 10^{-6} \text{ mol de glicose}$ .

## Desempenho dos candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,127, sendo considerada uma questão muito difícil. Para esta questão, notou-se um índice elevado de provas em branco e, como consequência, um índice elevado de notas zero. Alguns apontamentos podem ser feitos em relação a este fato. Primeiramente, o conteúdo de eletroquímica apresenta um grau de complexidade elevado uma vez que envolve um conjunto de conhecimentos prévios dos estudantes. Aliado a este fato, a questão exigiu

a interpretação de múltiplos dados e a correlação entre os mesmos para que o candidato encontre a solução adequada. Por fim, a questão envolveu cálculos com as variáveis descritas e a elaboração de um gráfico. A somatória destes elementos gera um grau de dificuldade elevado para a questão, já esperado pela banca. No entanto, o índice de discriminação foi de 0,373 sendo a questão considerada boa pela análise estatística.

## Comentários Gerais

Considerando as provas que apresentaram respostas, os erros mais comuns dos candidatos, para o item a, se concentraram no cálculo inicial da concentração de glicose. Os candidatos que foram capazes de realizar este procedimento corretamente em geral fizeram a correlação com a concentração fornecida no enunciado e a corrente ilustrada no gráfico. Deste modo, esses candidatos puderam iniciar a construção gráfica adequadamente. No entanto, outro principal erro se relacionou à curva traçada no gráfico. Os candidatos, em geral, consideraram que a concentração de glicose no sangue diminui constantemente, traçando uma curva decrescente. Para o item b, a principal dificuldade esteve relacionada aos cálculos estequiométricos e de concentração. Três procedimentos foram exigidos: o cálculo da carga, o cálculo da quantidade de elétrons e o cálculo da concentração de glicose (que necessitava da interpretação da equação química descrita pela figura). Como tais procedimentos envolvem diversos conhecimentos prévios, muitos candidatos os realizaram parcialmente não sendo possível chegar a conclusão correta para a questão. Ainda, como os resultados de cada etapa subsequente eram dependentes dos resultados anteriores, por vezes certificou-se que o candidato realizou todos os procedimentos, mas devido a erros na primeira ou segunda etapa, a conclusão mostrou-se equivocada. O fato de a questão envolver procedimentos e conteúdos complexos dentro do espectro da Química fez com que a questão fosse considerada muito difícil, o que foi demonstrado pelo índice de facilidade. Cabe destacar que a situação particular vivenciada pelo isolamento social fez com que muitos estudantes provavelmente não tivessem tido contato com o conteúdo de eletroquímica. No estado de São Paulo, o currículo aborda tais conteúdos no final do segundo ano do ensino médio. Como as escolas tiveram que se adaptar ao ensino remoto emergencial, optou-se por trabalhar habilidades e conteúdos essenciais o que envolveu a seleção de alguns conteúdos frente a outros. Este fato pode apresentar-se como justificativa para o elevado número de provas em branco e notas zero.