



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
MESTRADO ACADÊMICO EM EDUCAÇÃO**

RONILSON DOS SANTOS BEZERRA

**O DESEMPENHO EM FÍSICA DOS ALUNOS DE SANTARÉM (PA) QUE
PRESTARAM O ENEM 2019: ANÁLISE PSICOMÉTRICA UTILIZANDO A TEORIA
CLÁSSICA DOS TESTES E A TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM**

**SANTARÉM-PA
2023**

RONILSON DOS SANTOS BEZERRA

**O DESEMPENHO EM FÍSICA DOS ALUNOS DE SANTARÉM (PA) QUE
PRESTARAM O ENEM 2019: ANÁLISE PSICOMÉTRICA UTILIZANDO A TEORIA
CLÁSSICA DOS TESTES E A TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Orientador: Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja

**SANTARÉM-PA
2023**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA

B574d Bezerra, Ronilson dos Santos
O desempenho em física dos alunos de Santarém (PA) que prestaram o ENEM 2019: análise psicométrica utilizando a teoria clássica dos testes e a teoria de resposta ao item./ Ronilson dos Santos Bezerra. – Santarém, 2023.
158 p. : il.
Inclui bibliografias.

Orientador: Glauco Cohen Ferreira Pantoja.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências da Educação, Programa de Pós-graduação em Educação, Mestrado Acadêmico em Educação.

1. Ensino de física. 2. Enem. 3. Avaliação. I. Pantoja, Glauco Cohen Ferreira, *orient.*
II. Título.

CDD: 23 ed. 530.7



Universidade Federal do Oeste do Pará
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

FOLHA DE CORREÇÕES

ATA Nº 101

Autor: RONILSON DOS SANTOS BEZERRA

Título: O DESEMPENHO EM FÍSICA DOS ALUNOS DE SANTAREM (PA) QUE

PRESTARAM O ENEM 2019: ANÁLISE PSICOMÉTRICA UTILIZANDO A TEORIA
CLÁSSICA DOS TESTES E A TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM

Banca examinadora:

Prof. MARIO TANAKA FILHO

Examinador Externo ao
Programa

Mario Tanaka Filho

Prof. EDILAN DE SANT ANA QUARESMA

Examinador Interno

Edilan de Sant
Ana Quaresma

Prof. GLAUCO COHEN FERREIRA PANTOJA

Presidente

Glauco Pantoja

Os itens abaixo deverão ser modificados, conforme sugestão da banca

1. ☐ INTRODUÇÃO
2. ☐ REVISÃO BIBLIOGRÁFICA
3. ☐ METODOLOGIA
4. ☐ RESULTADOS OBTIDOS
5. ☐ CONCLUSÕES

COMENTÁRIOS GERAIS:

O trabalho apresenta relevância acadêmica, é devidamente circunstanciado e atual, muito bem elaborado em sua forma escrita, cumprindo com seus objetivos propostos, sendo aprovado pela banca avaliadora. É fortemente sugerida a publicação do trabalho, pois traz contribuições concretas para o campo da pesquisa em educação. Sugere-se uma socialização dos resultados do trabalho com professores de Física da Educação Básica e com gestores educacionais.

Declaro, para fins de homologação, que as modificações, sugeridas pela banca examinadora, acima mencionada, foram cumpridas integralmente.

Prof. GLAUCO COHEN FERREIRA PANTOJA

Orientador(a)

Av. Vera Paz, s/nº, Salé, CEP 68135-110 – Santarém – PA – Brasil Telefax: •



Scanned with
MOBILE SCANNER



Universidade Federal do Oeste do Pará
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

ATA Nº 101

Aos vinte e quatro dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e três, às quatorze horas, por meio de videoconferência Google Meet, reuniram-se os membros da Banca Examinadora composta pelos(as) professores(as) Drs(as). Prof. Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja (orientador e presidente), Prof. Dr. Mário Tanaka Filho (membro externo) e Prof. Dr. Edilan de Sant' Ana Quaresma (membro interno) a fim de argüirem o mestrando RONILSON DOS SANTOS BEZERRA, com a dissertação intitulada "O DESEMPENHO EM FÍSICA DOS ALUNOS DE SANTARÉM (PA) QUE PRESTARAM O ENEM 2019: ANÁLISE PSICOMÉTRICA UTILIZANDO A TEORIA CLÁSSICA DOS TESTES E A TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM". Aberta a sessão pelo presidente, coube ao candidato, na forma regimental, expor o tema de sua dissertação, dentro do tempo regulamentar, em seguida a banca fez as arguições, o candidato respondeu e, após as deliberações na sessão secreta foi:

(X) Aprovado, fazendo jus ao título de Mestre em Educação. () Reprovado.

Mário Tanaka Filho

Dr. MARIO TANAKA FILHO, UFOPA

Examinador Externo ao Programa

Edilan de Sant' Ana Quaresma
Assinado de forma digital por
Edilan de Sant' Ana Quaresma
Dados: 2023.02.24 15:39:46
+03'00'

Dr. EDILAN DE SANT ANA QUARESMA, UFOPA

Examinador Interno

Glauco Pantoja

Dr. GLAUCO COHEN FERREIRA PANTOJA, UFOPA

Presidente

Ronilson dos Santos Bezerra
RONILSON DOS SANTOS BEZERRA

Mestrando



A Deus por mais esta vitória que Ele me concede.

*À minha noiva que tanto me incentiva, apoia e me impulsiona
com seu amor, carinho e cumplicidade.*

*À minha mãe e ao meu pai pela dedicação e todo o esforço que fizeram por mim.
Mesmo diante das dificuldades financeiras que enfrentavam como trabalhadores rurais,
dos desafios para que eu tivesse acesso à escola nos primeiros anos da educação
básica, mesmo diante de tantos problemas de saúde que tive, eles sempre lutaram por
mim e fizeram tudo o que foi possível para que eu estudasse e corresse atrás dos
meus sonhos.*

À minha filha, minha grande motivação e minha fiel incentivadora.

À minha irmã que sempre me apoiou e acreditou em mim desde as séries iniciais.

Às minhas duas sobrinhas e a toda a minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha gratidão a Deus pela Sua graça e força que me concedeu em cada momento da minha vida, especialmente durante o curso deste mestrado. Durante o período da pesquisa, fomos surpreendidos pela pandemia da Covid-19 no início de 2020, o que nos obrigou a passar por um *lockdown* e nos adaptar rapidamente ao ensino remoto e ao distanciamento social. Além disso, como eu estava no grupo de risco, tive que lidar com as dúvidas e cuidados necessários por conta da pandemia. Durante esse período, enfrentei inúmeras dificuldades, incluindo fortes dores decorrentes de crises causadas por cálculos na vesícula biliar. Embora tenha sido constatada a necessidade de realizar uma cirurgia para a retirada dos cálculos, só foi possível realizá-la no final de 2021, após o controle da pandemia. Durante o procedimento cirúrgico, a equipe médica enfrentou dificuldades para conter um sangramento, porém, mais uma vez Deus foi generoso para comigo e me concedeu uma nova oportunidade. Como diz em 1 Samuel 7:12, “até aqui o Senhor nos ajudou” a superar todos os desafios que surgiram em nosso caminho.

Aos meus pais, Rosilene e Ronaldo, que sempre fizeram todo o esforço possível para que eu pudesse estudar, eu sou eternamente grato. Morávamos na zona rural da comunidade do Tracoá, pertencente à cidade de Santarém-Pa, onde só consegui estudar até o segundo ano do ensino fundamental. No ano seguinte, quando eu tinha apenas oito anos, para cursar o terceiro ano, eu tinha que andar a pé dez quilômetros por dia para poder estudar na escola da Morada Nova, uma comunidade vizinha. Para estudar o quarto ano, morei na casa do meu tio Hilário, a quem agradeço imensamente, na cidade de Santarém, para que eu não precisasse andar tanto para chegar à escola. No ano seguinte, em 1995, minha mãe decidiu sair da zona rural e fomos morar em Belterra, mesmo sem condições financeiras para comprar uma nova casa, para que eu pudesse continuar os meus estudos. Sem o esforço e a coragem dos meus pais, talvez eu não teria chegado até aqui. Por isso, dedico este trabalho a vocês.

À minha noiva, Cristiane Evelin, que tem sido uma parceira incrível e me apoiado em cada etapa do caminho. Seu amor, incentivo, cumplicidade e compreensão foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. Também gostaria de agradecer

à minha filha, Adyele Caroline, por me inspirar a me esforçar e melhorar a cada dia. A ambas, agradeço por todo o apoio e compreensão durante os momentos em que precisei me ausentar por conta dos estudos. Suas presenças em minha vida são uma bênção que sempre me motivam a seguir em frente.

À minha irmã, Roneiva, e às minhas sobrinhas, Talita e Laura, que sempre torceram por mim. Ao meu tio Hilário Santos e à sua esposa (tia Pergentina) e todos os seus familiares que nunca mediram esforços para me ajudar sempre que precisei. Sou grato demais a todos vocês.

Ao meu orientador, Dr. Glauco Cohen Ferreira Pantoja, gostaria de expressar minha gratidão pela paciência excepcional que ele demonstrou ao me entender e apoiar durante o período em que precisei pausar meus estudos devido a problemas de saúde, como mencionei anteriormente. Além disso, ele foi um parceiro inestimável, dedicando-se a responder todas as minhas dúvidas e preocupando-se genuinamente com o meu sucesso acadêmico. Sua atenção e comprometimento em seu trabalho foram fundamentais para o êxito desta pesquisa. Também estendo meus agradecimentos a todos os colegas do Grupo de Ensino, Aprendizagem e Educação (GEAE), em especial ao Andrey Camurça da Silva, que foi um grande parceiro na realização desta pesquisa.

Agradeço aos membros das bancas de qualificação e defesa: Dr. Mario Tanaka Filho, Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza e Dr. Edilan de Sant'Ana Quaresma. Suas valiosas contribuições foram fundamentais para aprimorar este trabalho. Seus conhecimentos, perspectivas e sugestões contribuíram significativamente para o seu desenvolvimento. Também gostaria de expressar minha gratidão ao Programa de Pós-graduação em Educação (PPGE) da Ufopa, em nome de todo o seu corpo docente e técnicos, que se dedicaram incansavelmente durante o período de pandemia para que o ensino e as pesquisas não fossem interrompidos. Meu sincero agradecimento a todos vocês.

Aos colegas da turma PPGE 2020, com os quais tive a oportunidade de aprender durante as nossas aulas, conversas e trabalhos em grupo. Estendo este agradecimento a todos os colegas com os quais tive o privilégio de estudar na graduação e na educação básica.

Ao Dr. Jarsen Guimarães, ao Adailson Viana e a todos os colegas do Instituto

de Ciências da Sociedade com os quais trabalho desde 2012 e que sempre me deram todo o apoio e incentivo necessário para que eu prosseguisse com os meus estudos.

Aos amigos Msc. Maria Edinalva Sousa de Lima, Cleber Lima Xavier e Melriane Lima dos Santos, por estarem sempre prontos para ajudar quando precisei. Agradeço também ao doutorando Gilson Pedroso dos Santos, que sempre foi muito solícito todas as vezes que o procurei para tirar alguma dúvida e que foi um grande parceiro com quem tive a oportunidade de escrever e publicar alguns artigos.

Por fim, sabendo que seria impossível citar a todos neste curto espaço, agradeço a todos os colegas e amigos que sempre torceram por mim, me apoiaram, incentivaram e contribuíram com incentivos, sugestões e críticas. Registro aqui minha gratidão a todos vocês.

Sou grato a Deus, pois durante este período de mestrado e desafios, tive a companhia e o apoio de pessoas maravilhosas que foram fundamentais em todos estes momentos. A todos vocês, expresso a minha gratidão e peço que Deus os recompense a cada dia.

Pois Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas.
A Ele seja a glória para sempre! Amém.
(*Bíblia Sagrada. Romanos 11:36 NVI*)

RESUMO

A Física ainda é vista por muitos alunos como uma disciplina difícil de ser aprendida. Por outro lado, pesquisas mostram as dificuldades encontradas por professores quando buscam aproximar os conceitos científicos da realidade experimentada pelos alunos para tornar o ensino dessa área mais dinâmico. Além disso, alguns autores apontam que, na atualidade, o ensino de Física no Ensino Médio tem focado muito mais na resolução de problemas – com foco nos processos seletivos para ingresso no ensino superior – do que na aprendizagem e compreensão dos fenômenos físicos. Sabe-se que o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), que inicialmente era usado apenas como uma avaliação educacional, atualmente é o segundo maior exame do mundo para ingresso no ensino superior. Com isso, os resultados destes exames são importantes fontes de dados para analisarmos o desempenho dos alunos nas mais diversas áreas do conhecimento após a conclusão do Ensino Médio. E neste sentido, visando compreender qual o desempenho dos alunos de Santarém em relação aos conteúdos de Física, esta pesquisa utilizou dados do Enem 2019 e assim foi realizada uma análise psicométrica, por meio da Teoria Clássica dos Testes (TCT) e da Teoria de Resposta ao Item (TRI), com o objetivo de analisar o desempenho dos alunos residentes em Santarém e que realizaram a prova de Física do Enem 2019. Os resultados obtidos mostram que a média de acertos dos 11.624 alunos que realizaram o exame, foi de apenas 22,56%. Resultado este, que apesar de baixo e preocupante, não destoa muito da média nacional mostrada em outras pesquisas, que destacam os baixos resultados obtidos pelos alunos, nos itens de Física, bem como nas provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CN), que é composta com por itens de Física, Biologia e Química. Os achados desta pesquisa mostraram ainda, que no Enem 2019, os resultados obtidos pelos alunos, na prova de CN, foi tão baixo quanto os resultados dos itens específicos de Física, o qual é pior ainda entre os candidatos que possuem menor renda familiar, sendo que o contrário também é verdadeiro: alunos com renda familiar maior, obtiveram notas maiores na prova de CN. Parte deste resultado ruim pode ser também porque alguns itens não estão conseguindo avaliar adequadamente os alunos, uma vez que os resultados da análise via TRI mostram que vários itens possuem baixo poder de discriminação, ou seja, não conseguem avaliar adequadamente os alunos que possuem habilidade - para responder aquele item - dos que não possuem.

Palavras-chave: Ensino de Física. Enem. Avaliação. Psicometria

ABSTRACT

Physics is still seen by many students as a difficult subject to be learned. On the other hand, research shows the difficulties encountered by teachers when they try to bring scientific concepts closer to the reality experienced by students to make the teaching of this area more dynamic. In addition, some authors point out that, currently, the teaching of Physics in High School has focused much more on problem-solving - focused on the selection processes for entry into higher education - than on learning and understanding physical phenomena. It is known that the National High School Exam, which was initially used only as an educational assessment, is currently the second-largest exam in the world for entry into higher education. Therefore, the results of these exams are important sources of data to analyze the student's performance in several knowledge areas after they finish high school. And in this sense, aiming to understand what is the performance of students from Santarém in relation to Physics content, this research used data from Enem 2019, and thus a psychometric analysis was performed, through the Classical Test Theory (CTT) and the Item Response Theory (IRT), in order to analyze the performance of students living in Santarém and who took the Physics test of Enem 2019. The results show that the average score of the 11,624 students who took the exam was only 22.56%. This result, although low and problematic, does not differ much from the national average shown in other studies, which highlight the low results obtained by students in Physics items, as well as in the tests of Nature Sciences and its Technologies (NS), which is composed of items of Physics, Biology, and Chemistry. The findings of this research also revealed that in Enem 2019, the results obtained by students in the NS test were as low as the results of the specific items of Physics, which is even worse among candidates with lower family income, and the opposite is also true: students with higher family income obtained higher scores in the NS test. Part of this poor result may also be because some items are failing to adequately assess students, since the results of the IRT analysis show that several items have low discrimination power, that is, they fail to adequately assess students who have the ability - to answer that item - from those who do not.

Keywords: Physics Teaching. Enem. Evaluation. Psychometrics

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Expressões matemáticas dos três modelos logísticos da TRI.	51
Figura 2.	Parte do dicionário de variáveis referentes aos microdados do Enem 2019	58
Figura 3.	Item Q1 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	103
Figura 4.	Item Q2 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	105
Figura 5.	Item Q3 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	106
Figura 6.	Item Q4 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	107
Figura 7.	Item Q5 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	109
Figura 8.	Item Q6 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	111
Figura 9.	Item Q7 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	112
Figura 10.	Item Q8 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	114
Figura 11.	Item Q9 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	116
Figura 12.	Item Q10 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	118
Figura 13.	Item Q11 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	120
Figura 14.	Item Q12 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	121
Figura 15.	Item Q13 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	123

Figura 16. Item Q14 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	124
Figura 17. Item Q15 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019	125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Descrição das Áreas de Conhecimento e Componentes Curriculares do Enem	38
Quadro 2.	Estrutura das pastas e arquivos dos Microdados do Enem 2019, após a descompactação do arquivo “.zip” obtido no site do Inep . .	55
Quadro 3.	Quantitativo dos alunos de Santarém presentes e ausentes no Enem 2019	56
Quadro 4.	Distribuição e numeração dos itens das provas do Enem 2019, identificados pela cor da prova e com seus respectivos códigos (número entre parênteses localizado ao lado da cor)	59
Quadro 5.	Planilha de dados organizados com as respostas referentes a todos os alunos de Santarém que fizeram a prova de Física no Enem 2019 e com o gabarito oficial fornecido pelo Inep	60
Quadro 6.	Classificação da confiabilidade a partir do coeficiente (α) de Cronbach	64
Quadro 7.	Frequência da quantidade de acertos dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física do Enem 2019	72
Quadro 8.	Proporção de erros e acertos dos alunos de Santarém referente aos 45 itens de CN do Enem de 2019	85
Quadro 9.	Coeficiente <i>Alpha de Cronbach</i> referente às provas de CN das edições de 2009 a 2019 do Enem.	87
Quadro 10.	Média das notas da prova de Ciências da Natureza, do Enem 2019, realizada pelos alunos de Santarém levando em conta o tipo de escola onde concluíram o ensino médio	93
Quadro 11.	Faixa salarial oferecidas pelo Inep como alternativas para a pergunta 006 do questionário econômico do Enem 2019	93
Quadro 12.	Gabarito dos itens de Física, referente à Prova Azul de CN - Enem 2019	100
Quadro 13.	Alternativas mais escolhidas pelos alunos de Santarém em cada item de Física do Enem 2019	100

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Série histórica das publicações da área de Ensino que citam o Enem ao longo do texto, entre os anos 1998 a 2017.	26
Gráfico 2.	Curva Característica do Item (CCI).	47
Gráfico 3.	Frequência da quantidade de acertos dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física do Enem 2019	72
Gráfico 4.	Curva característica do item referente à cada item da Prova de Física do Enem 2019	79
Gráfico 5.	Quantidade de alunos de Santarém, por faixa salarial, conforme dado do Questionário Socioeconômico do Enem 2019	94
Gráfico 6.	Nota dos alunos de Santarém, em Ciências da Natureza, por faixa salarial, conforme dados do Questionário Socioeconômico do Enem 2019	95
Gráfico 7.	Média de acerto dos itens de Física em função do status socioeconômico para os anos de 2011, 2012 e 2014	96
Gráfico 8.	Modelo unidimensional testado analisando a variável latente “Conhecimento de Física” nos 15 itens da prova de Física do Enem 2019	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Proporção de erros e acertos dos alunos de Santarém referente aos 15 itens de Física do Enem de 2019	71
Tabela 2.	Percentual de acerto por disciplina, referente aos itens de Ciência da Natureza das edições do Enem de 2009 a 2017	71
Tabela 3.	Correlação ponto-bisserial entre os 15 itens de Física, do Enem 2019, e os escores totais	73
Tabela 4.	Coeficiente Alpha de Cronbach referente aos 15 itens do Enem 2019	74
Tabela 5.	Dificuldade de cada item, da prova de Física do Enem 2019, calculada usando o modelo logístico ML1	76
Tabela 6.	Dificuldade e Discriminação de cada item, da prova de Física do Enem 2019, calculados usando o modelo logístico ML2	77
Tabela 7.	Dificuldade, Discriminação e o índice de acerto ao acaso de cada item, da prova de Física do Enem 2019, calculados usando modelo logístico ML3	77
Tabela 8.	Índices referentes aos 15 itens de Física, do Enem 2019, encontrados na análise via TCT e utilizando os 3 modelos logísticos da TRI . . .	80
Tabela 9.	Coeficiente Alpha de Cronbach referente aos 15 itens do Enem 2019 obtido após a remoção dos itens Q5 e Q7	82
Tabela 10.	Dificuldade, discriminação e índice de acerto ao acaso de cada item da prova de Física do Enem 2019 calculados utilizando o modelo logístico ML3, após a remoção dos itens Q5 e Q7	82
Tabela 11.	Índices referentes aos 45 itens da prova de CN, do Enem 2019, encontrados na análise via TCT e utilizando os 3 modelos logísticos da TRI	89
Tabela 12.	<i>Alfa de Cronbach</i> para a prova de Ciências da Natureza e para os itens de Física do Enem 2012	95
Tabela 13.	Competência e habilidade exigida em cada um dos 15 itens de Física da Prova do Enem 2019	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGI	Análise gráfica dos itens
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CFI	Comparative Fit Index
CN	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
CCI	Curva Característica do Item
Enade	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
Enem	Exame Nacional do Ensino Médio
Fies	Fundo de Financiamento Estudantil
IDE	Integrated Development Environment
Ideb	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
Inep	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
LTM	Latent Trait Models for Item Response Theory Analyses
Mec	Ministério da Educação
ML1	Modelo logístico de um parâmetro
ML2	Modelo logístico de dois parâmetros
ML3	Modelo logístico de três parâmetros
OBMEP	Olimpíadas Brasileira de Matemática das Escolas Públicas
Prouni	Programa Universidade para Todos
Psych	Package for Personality, Psychometric, and Psychological Research Description
Saeb	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica
Sinaes	Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior
Sisu	Sistema de Seleção Unificada
SRMR	Standardized Root Mean Squared Residual
TCT	Teoria Clássica dos Testes
TLI	Tucker Lewis Index
TRI	Teoria de Resposta ao Item

TRIM	Teoria de Resposta do Item Multidimensional
WLSMV	Weighted Least Squares Means and Variance Adjusted

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	22
1.1	Estudos sobre as questões de Física do Enem e as pesquisas educacionais utilizando dados dos exames aplicados pelo Inep	24
1.2	Objetivos	29
1.2.1	Geral	29
1.2.2	Específicos	29
1.3	Justificativa	29
2	REFERENCIAL TEÓRICO	33
2.1	Avaliação em larga escala	33
2.1.1	Sobre o Enem	36
2.1.2	Divulgação dos resultados do Enem	39
2.1.3	Análise dos microdados do resultado do Enem	40
2.2	Teoria Clássica dos Testes (TCT) e Teoria de Resposta ao Item (TRI)	41
2.2.1	Psicometria	41
2.2.2	Teoria Clássica dos Testes (TCT)	43
2.2.3	Teoria de Resposta ao Item (TRI)	45
2.2.3.1	Pressupostos da TRI: unidimensionalidade e independência local	48
2.2.3.2	Modelos logísticos da Teoria de Resposta ao Item	50
2.3	O Enem e o uso da TCT e da TRI	51
3	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	53
3.1	Coleta de Dados	54
3.2	Extração dos dados	55
3.3	Software e pacotes utilizados na análise dos dados	59
3.4	Dicotomização dos dados e proporção de erros e acertos	61
3.5	Correlação ponto-bisserial	62
3.6	Coeficiente Alpha de Cronbach	63
3.7	Análise dos dados usando os três modelos logísticos da TRI: ML1, ML2 e ML3	64
3.8	Análise gráfica dos itens (AGI)	66

3.9	Análise Fatorial	67
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
4.1	Análise empírica dos dados, usando o RStudio	70
4.1.1	Proporção de erros e acertos	70
4.1.2	Análise do coeficiente ponto-bisserial	73
4.1.3	Análise do coeficiente de Alpha de Cronbach	73
4.2	Análise exploratória dos itens por meio da TRI	75
4.3	Análise da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias por meio da TCT e TRI	83
4.3.1	Resultado da análise das questões de CN por meio da TCT e da TRI	84
4.4	Resultados da Análise Fatorial das Questões de Física do Enem 2019	96
4.4.1	Interpretação dos resultados do ajuste do modelo	97
4.4.2	Cargas fatoriais e confiabilidade da variável latente	97
4.5	Análise Gráfica e Pedagógica dos Itens	99
4.5.1	Análise dos itens	100
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
	REFERÊNCIAS	134
	APÊNDICES	142
	APÊNDICE A – CÓDIGOS EM R UTILIZADOS	143
	ANEXOS	159
	ANEXO A – MATRIZ DE REFERÊNCIA DO ENEM 2019	160
	ANEXO B – PROVA DE CN DO ENEM 2019 - CADERNO AZUL . .	184
	ANEXO C – GABARITO DA PROVA DE CN DO ENEM 2019 - CADERNO AZUL	215

1 INTRODUÇÃO

A aprendizagem dos conceitos de Física pelos alunos de Ensino Médio tem sido foco de várias pesquisas nos últimos anos. É comum encontrar professores dessa disciplina que enfrentam “grandes dificuldades em construir o conhecimento junto com seus alunos de maneira prazerosa, contextualizada e funcional” (ALVES; STACHAK, 2005, p. 1). Para Alves e Stachak (2005), tradicionalmente a Física é vista por muitos docentes como uma disciplina difícil de ser ensinada e muitos alunos apresentam dificuldades no processo de aprendizagem dos conteúdos dessa área. Quanto ao ensino dessa disciplina atualmente “é visto como um objeto abstrato, longe da realidade dos alunos, o qual gera um desinteresse total pelo trabalho escolar” (ALVES; STACHAK, 2005, p. 2).

Em se tratando do ensino de Física, muitos alunos não compreendem a linguagem utilizada pelos professores, segundo Menegotto e Filho (2008). Uma das causas para este problema pode estar relacionada à “ausência de relações entre os conteúdos estudados e as situações cotidianas do jovem, o que dificulta a construção de significados. Assim, parece que o raciocínio do professor geralmente se encontra fora de sintonia com o do aluno” (MENEGOTTO; FILHO, 2008, p. 308).

Rosa e Rosa (2005) enfatizam que a busca por um real significado para o estudo da Física na educação básica, mais precisamente no Ensino Médio, é uma questão emergente e por isso tem sido tema de várias pesquisas. Estes autores esclarecem que essa busca não quer dizer que a Física não seja importante para o processo de formação dos estudantes, mas sim que existe “uma polêmica em torno da diversidade de enfoques dados ao ensino de Física nesse nível de escolaridade” (ROSA; ROSA, 2005, p. 2). Para eles, algo que parece ser consenso entre as pesquisas apresentadas nos principais periódicos do país e debatido nos encontros envolvendo professores/pesquisadores do ensino de Física é que essa Ciência - da forma que está apresentada nos livros didáticos e, conseqüentemente nas salas de aula - encontra-se “distanciada e distorcida do seu real propósito” (ROSA; ROSA, 2005, p. 2).

Na concepção de Rosa e Rosa (2005) ensinar Física é mais que proporcionar o domínio dos conceitos ou fenômenos, “é oportunizar um aprimoramento do aluno enquanto pessoa” (ROSA; ROSA, 2005, p. 16). Contudo, estes autores esclarecem que

há um grande desafio no cenário atual, de promover um ensino da Física de modo que o aluno seja capaz de pensar, agir e criar de acordo com a suas necessidades. Por outro lado, para explicar o que chamam de “distorção” e “distanciamento” do real propósito do ensino de Física, Rosa e Rosa (2005) citam diversas pesquisas que versam sobre esta problemática e que apontam para o fato do ensino de Física ter assumido muito mais um caráter de preparação para resolução de exercícios dos processos seletivos para o ingresso no ensino superior. Outro ponto sustentando esta interpretação é o de que os livros atuais dão demasiada ênfase aos exames vestibulares (SOUZA, 2002; NARDI, 1998).

Esta tendência em direcionar o ensino de Física à resolução de problemas, que normalmente estão recheados de cálculos, fortemente influenciados pelo uso do livro didático, tem sido tema de sérias críticas às editoras e, por consequência aos autores das obras. A maioria dos livros que circulam nas escolas apresentam os conteúdos como conceitos estanques, dando o caráter de Ciência acabada e imutável à Física. Porém, o mais problemático das obras está na forte identificação que elas agregam entre a Física e os algoritmos matemáticos. Os textos e, principalmente, os exercícios são apresentados como matemática aplicada, na qual a questão fundamental se resume a treinar o estudante na resolução de problemas algébricos (ROSA; ROSA, 2005, p. 2).

Sabemos que o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) se tornou uma das principais formas de entrada no Ensino Superior e, por esse motivo, grande parte dos alunos presta este exame buscando uma vaga em uma universidade. Sendo assim, os resultados deste exame são usados por muitos pesquisadores visando compreender a aprendizagem e as dificuldades dos alunos em determinada área do conhecimento, após a conclusão do ensino médio. Para Sousa Sobrinho e Rodrigues (2019), o Enem é uma importante ferramenta que funciona como bússola para o professor de Física, pois é uma avaliação “que serve como um *feedback* dos conhecimentos adquiridos pelos alunos durante a etapa final da educação básica” (SOUSA SOBRINHO; RODRIGUES, 2019, p. 59).

Barroso, Rubini e Silva (2018) afirmam que estudos realizados com questões de Física do Enem de 2009 a 2014, mostram que existem algumas dificuldades permanentes na compreensão de conceitos básicos de Física. Estes autores destacam ainda alguns estudos que evidenciam as dificuldades de estudantes em diferentes níveis de ensino com os conceitos básicos de Física, o que reforça os questionamentos e ponderações de Rosa e Rosa (2005), conforme citamos anteriormente.

Ao apresentarem o resultado de suas pesquisas, Barroso, Rubini e Silva (2018) afirmam que, apesar de todo o esforço desenvolvido na área de pesquisa em ensino de Física desde os anos 1980, houve pouco impacto dos resultados no processo de aprendizagem (BARROSO; RUBINI; SILVA, 2018, p. 22).

Marcom (2019), ao analisar os dados dos candidatos que se declararam concluintes do Ensino Médio, nos anos de 2009 a 2017, egressos das escolas públicas, concluiu que, em sua maioria, o desempenho desses candidatos nos itens relacionados à Física apresenta um índice de acerto abaixo de 50%, e mais de 72% dos candidatos consideraram o item difícil. “Esse resultado indica um grave problema para o Ensino de Física que diz respeito ao aprendizado dos alunos” (MARCOM, 2019, p. 112).

Diante destas pesquisas apresentadas, que mostram: a) os desafios do ensino de Física aos alunos de Ensino Médio, uma vez que a mesma ainda é vista por muitos alunos como uma disciplina de difícil aprendizagem (MENEGOTTO; FILHO, 2008; ALVES; STACHAK, 2005; BARROSO; RUBINI; SILVA, 2018), e; b) que por vezes os estudantes não compreendem o conteúdo ensinado por este estar distanciado da realidade do aluno (MENEGOTTO; FILHO, 2008); c) ou até mesmo distorcido do seu real propósito, devido concentrar mais o seu foco nos processos seletivos (ROSA; ROSA, 2005), surge a indagação que ora se apresenta como questão norteadora dessa pesquisa: a) Qual o desempenho, em conceitos de Física, os alunos de Ensino Médio da cidade de Santarém apresentam/possuem?

Antes de buscarmos respostas para estas perguntas, por meio da nossa pesquisa utilizando os dados do Enem, conforme propusemos na Seção 1.2, realizamos um estudo a fim de verificarmos o que dispõe na literatura nacional sobre esta temática, conforme mostramos na Seção a seguir.

1.1 Estudos sobre as questões de Física do Enem e as pesquisas educacionais utilizando dados dos exames aplicados pelo Inep

É crescente o número de trabalhos, na literatura brasileira, utilizando dados do Enem para tentar diagnosticar problemas na Educação. Villar (2021) destaca diversos trabalhos sobre este exame, que versam sobre os mais variados temas, dentre os quais, o autor destaca: a) Análise e categorização dos itens; b) Análise dos microdados

e questionário socioeconômico; c) Currículo, e ; d) Qualidade do ensino básico.

Em uma busca feita no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes)¹, em outubro de 2022, procuramos pela palavra “Enem” ou pelo termo “Exame Nacional do Ensino Médio” e encontramos 871 trabalhos, publicados entre janeiro de 2018 e outubro de 2022. Desse total, 4 eram dissertações e 798 eram artigos. Em seguida realizamos a mesma busca no “Catálogo de Teses e Dissertações”² da Capes e encontramos 6.535 publicações no período de 2018 a 2022, sendo que 3.756 eram dissertações e 1.969 eram teses. Filtrando um pouco mais, buscamos somente por publicações na área da educação e encontramos 198 dissertações e 94 teses. Por fim, realizamos uma busca no Google Acadêmico³ com o termo “Teoria de Resposta do Item” e com a palavra “Enem” e então encontramos 730 publicações para o mesmo período (2018 a 2022).

Esta quantidade de trabalhos encontrados mostra que é crescente o interesse dos pesquisadores sobre o tema. Fato este que foi destacado por Nascimento (2019) quando fez um levantamento de todos os trabalhos publicados, na Plataforma da Capes, que mencionavam o termo “Enem”. A partir destas informações obtidas, Nascimento (2019) criou uma série história destas publicações desde o ano 1998 até 2017, conforme pode visualizado no Gráfico 1. Villar (2021) destaca que este crescimento foi acentuado desde a reformulação do Enem, quando este exame passou a adotar a TRI em 2009, conforme destacamos na Subseção 2.1.1.

É perceptível o crescente interesse no Enem para pesquisa na área de ensino a partir do aumento da quantidade de publicações em revistas indexadas sobre o Enem desde a implementação do Novo Enem, em 2009 (VILLAR, 2021, p. 52).

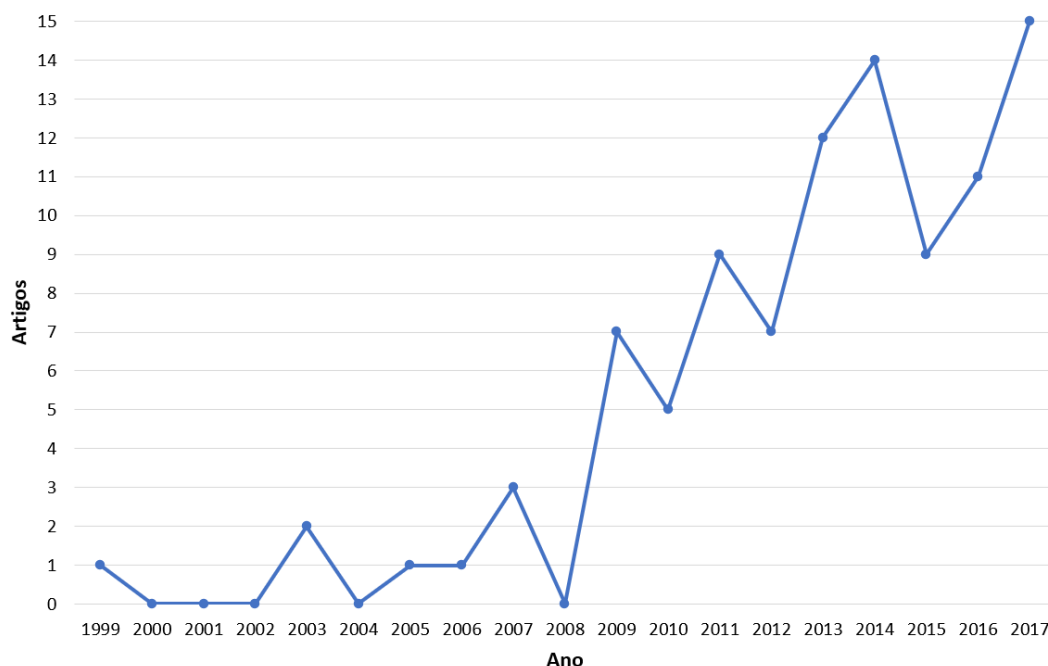
Dentre os trabalhos que encontramos na literatura nacional sobre pesquisas educacionais utilizando dados dos exames aplicados pelo Inep, destacamos nos parágrafos seguintes algumas pesquisas que foram referências importantes e consideramos de grande relevância para a nossa pesquisa. Primeiramente, destacaremos alguns trabalhos que utilizaram a Teoria de Resposta ao Item (TRI) e a Teoria Clássica dos

¹ Portal de Periódicos da Capes. 2022. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php?>. Acesso em: 07 de Out. 2022

² Catálogo de Teses e Dissertações. 2022. Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br/>. Acesso em: 07 de Out. 2022

³ Google Acadêmico. 2022. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/>. Acesso em: 07 de Out. 2022

Gráfico 1. Série histórica das publicações da área de Ensino que citam o Enem ao longo do texto, entre os anos 1998 a 2017.



Fonte: Adaptado de Nascimento (2019).

Testes (TCT) em pesquisas voltadas à educação e, em seguida, daremos ênfase a alguns trabalhos que abordam mais diretamente a física e o Enem.

Silva (2019a) realizou uma análise psicométrica e pedagógica da prova da primeira fase da 13ª edição das Olimpíadas Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP), respondida por um grupo de alunos do 6º e 7º ano do ensino fundamental. Os resultados obtidos via TCT e TRI “mostraram que o certame possui baixa qualidade para a amostra considerada, sobretudo no que se refere à consistência interna do instrumento” (SILVA, 2019a, p. 5). Por sua vez, ao realizar a análise pedagógica, esta apontou, dentre outras coisas, dificuldades dos alunos na resolução de problemas matemáticos sobre os mais diversos conteúdos.

Em sua pesquisa Silva (2019c) analisou os microdados do Enem 2017, referentes aos alunos de Santarém que responderam a prova de matemática e os resultados mostraram a dificuldade dos alunos em dominar esta disciplina, sendo que o percentual de acerto foi de apenas 22,8%, onde as escolas privadas pesquisadas tiveram resultados melhores que as públicas. Silva (2019c) observou ainda que a grande maioria dos conteúdos exigidos na prova de matemática, do Enem 2017, fazem

parte dos conteúdos estudados no ensino fundamental. Isso mostra que parte do problema enfrentado pelos alunos nas disciplinas do Ensino Médio, podem ter origem na aprendizagem durante o Ensino Fundamental.

Sousa (2019) avaliou os resultados do Enem de 2017 a partir da TCT e da TRI e segundo ele, “os resultados indicaram que os itens das provas do exame não atenderam o pressuposto de unidimensionalidade, pois só foi possível ajustar um modelo unidimensional após a exclusão de alguns itens” (SOUSA, 2019, p. 80). O autor esclarece sua conclusão, citando, por exemplo, a prova de matemática deste certame, que só foi possível chegar a um modelo unidimensional⁴ após a exclusão dos itens 12 e 45 da prova. Por sua vez, para ajustar a prova completa para um modelo unidimensional, foi necessário excluir: dez itens das provas de Linguagem, Códigos e suas Tecnologias e de Matemática e suas tecnologias; doze itens da prova de Ciências da Natureza e suas tecnologias e oito itens da prova de Ciências Humanas e suas tecnologias. Sendo assim, o autor sugere que outros estudos sejam realizados, visando possibilitar melhores informações, sobretudo sobre a necessidade do uso do modelo de TRI para as finalidades do Enem (SOUSA, 2019).

Analisando agora os trabalhos mais diretamente relacionados aos conteúdos de Física exigidos nas provas do Enem, destacamos inicialmente o trabalho de Villar (2021) que, em sua tese, realizou uma análise fatorial das questões de Física referente às provas do Enem aplicadas nos anos de 2012 a 2017 e constatou que 83,7% dos itens podem ser considerados difíceis para os alunos concluintes do Ensino Médio. Os outros 16,3% podem ser considerados de média dificuldade. Portanto, na concepção do autor, nenhum dos itens analisados pode ser considerado fácil em relação aos alunos concluintes do Ensino Médio. Segundo ele:

Este resultado corrobora a ideia de “vestibularização” do Enem, uma vez que, segundo Pasquali (2011), a seleção dos itens para elaboração uma prova deve ser feita de acordo com seus objetivos. Se o exame tiver como objetivo principal selecionar os alunos de maior proficiência, os itens devem apresentar o nível de dificuldade do patamar que se quer como critério de seleção. Neste sentido, esta é a primeira evidência que nos faz acreditar que o objetivo de selecionar parece ter mais relevância do que o de avaliar o candidato ao final da escolaridade básica (VILLAR, 2021, p. 223).

Marcom e Kleinke (2016) analisaram os distratores mais escolhidos pelos

⁴ Os pressupostos da unidimensionalidade são abordados na Subseção 2.2.3.1

candidatos que realizaram as provas de Física das edições de 2009 a 2012 do Enem. Eles analisaram as questões ligadas ao objeto do conhecimento “o movimento, o equilíbrio e a descoberta das leis da Física” e também buscaram conhecer quais as maiores dificuldades dos alunos nas resoluções das questões de Física. Marcom e Kleinke (2016) constataram que vários estudantes utilizaram de ideias não científicas buscando resolver alguns itens, demonstraram dificuldades em transpor o problema para outro contexto e utilizaram raciocínios intuitivos e formas simbólicas em questões que exigiam abordagem matemática na resolução das mesmas (MARCOM; KLEINKE, 2016; LEMOS; HERNANDES, 2018).

Sobre estas dificuldades, Marcom e Kleinke (2016) argumentam que uma avaliação em escala, como o Enem, só se tornará um instrumento de avaliação com características formativas se os erros cometidos pelos alunos retornarem às escolas, a fim de promover uma realimentação do sistema. E, na concepção destes autores, este retorno poderia ser realizado pelo próprio Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Mas, também destacam que as pesquisas acadêmicas podem contribuir para promover este retorno às escolas.

Marcom (2019), a partir da análise do desempenho dos alunos nas edições de 2009 a 2017 do Enem, destaca em sua tese que “aproximadamente 70% dos itens de Física são considerados difíceis para os candidatos” (MARCOM, 2019, p. 7). O autor também identificou que os itens de Física, em sua maioria, apresentam um índice de acerto abaixo de 50%. Marcom e Kleinke (2021) destacam este mesmo percentual de itens difíceis e enfatizam que ao realizarem uma análise qualitativa dos erros cometidos, foi possível identificar erros tanto de ordem conceitual (de física) quanto de ordem matemática.

Em sua tese, Rubini (2019) analisou as provas de Física referente às edições de 2009 a 2017 do Enem e constatou que tanto do ponto de vista da TCT quanto da TRI as provas do Enem podem ser consideradas inadequadas para a maior parte dos candidatos. Para o autor, o diagnóstico gerado pela sua pesquisa revela que há imensas dificuldades a serem sanadas pelo ensino de Física. O autor lista alguns dos problemas - na aprendizagem de física - detectados em sua pesquisa:

Foram detectadas dificuldades relativas a conceitos de Física considerados básicos e elementares para um aluno ao final do Ensino Médio,

com problemas relativos a compreensão de informações textuais, informações fornecidas por meio de gráficos e imagens, à permanência na estrutura cognitiva, até mesmo de estudantes de alto desempenho, de conceitos não científicos largamente discutidos na literatura de Ensino de Física, entre outras (RUBINI, 2019, p. 5).

Por fim, para concluir esta sessão, destacamos o trabalho de Vizzotto (2022) que fez uma análise via TCT e TRI das edições de 2009 a 2019 do Enem e concluiu que 79,95% dos itens de Física foram classificados como não adequados, por apresentarem distorções nos indicadores psicométricos utilizados na pesquisa. Na concepção do autor, “a maioria dos itens foram considerados inadequados para mensurar a proficiência que se propõe medir na prova de Ciências da Natureza” (VIZZOTTO, 2022, p. 1).

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Analisar o desempenho dos alunos do município de Santarém-PA nos itens da disciplina de Física no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2019.

1.2.2 Específicos

- Descrever os dados do desempenho dos candidatos, residentes em Santarém, que responderam as questões de Física do Enem 2019 e utilizar nesta análise técnicas psicométricas da TCT;
- Estimar os parâmetros de dificuldade, discriminação e acerto ao acaso dos itens citados no objetivo anterior e a habilidade dos participantes utilizando técnicas psicométricas da TRI;
- Realizar uma análise descritiva dos itens de Física, do Enem 2019, mostrando uma das possíveis resoluções para cada item e destacando as alternativas mais escolhidas pelos candidatos de Santarém.

1.3 Justificativa

Junior e Barroso (2012) esclarecem que compreender as avaliações em larga escala é fundamental, uma vez que estas podem servir de base para ações das

políticas públicas em educação, além de subsidiarem com informações relevantes os professores e, de certa forma, podem influenciar no currículo escolar, na carga horária de disciplinas e até mesmo no perfil dos alunos que ingressam nas universidades, direta ou indiretamente. Sudbrack e Cocco (2014) concordam com a importância desse tipo de avaliação, uma vez que “somente dessa forma podemos verificar os erros e os acertos e, assim, melhorar cada vez mais nossas ações em prol de uma educação em que todos possam ser os protagonistas” (SUDBRACK; COCCO, 2014, p. 351).

O Enem atualmente é a principal forma de ingresso no ensino superior no país e isso influenciou na participação massiva dos alunos (conforme mostrado na Subseção 2.1.1), fazendo com que este exame seja considerado a maior avaliação em larga escala do Brasil e o segundo maior processo seletivo para ingresso no ensino superior do mundo, perdendo apenas para o exame *gaokao*, que é utilizado para acesso ao ensino superior chinês (MARCOM, 2019; BRASIL, 2022).

Sendo assim, este exame atualmente no Brasil é a maior fonte de microdados sobre o desempenho dos alunos, nas mais diversas áreas do conhecimento, após a conclusão do Ensino Médio. É por este motivo que é crescente o número de pesquisas utilizando estes microdados, conforme relatamos na Seção 1.1.

Na cidade de Santarém-PA⁵, já existem pesquisas utilizando microdados destas avaliações “em larga escala”⁶, visando mensurar o desempenho dos alunos da referida cidade. Podemos citar, por exemplo: Silva (2019a), que fez uma análise psicométrica da 13ª fase das Olimpíadas de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP), tomando como recorte as respostas dos alunos da rede pública de Santarém; Silva (2019b), que realizou um estudo comparativo entre a TCT e a TRI, visando discutir e mensurar a proficiência em matemática de alunos submetidos à OBMEP, nível 1, das escolas públicas do município de Santarém-Pa, e; Silva (2019c), que realizou uma análise dos microdados referente aos itens de matemática, respondidos pelos alunos de Santarém no Enem de 2017.

O trabalho de Silva (2019c) constatou que o percentual de acertos dos

⁵ Cidade fundada em 1661, situada no Oeste do Pará, sendo uma das cidades mais antigas da região amazônica. Sua população, segundo o censo de 2010, é de 294.580 habitantes, porém, segundo estimativa do IBGE, atualmente a cidade tem mais 308.000 habitantes (IBGE, 2022; SANTARÉM, 2022)

⁶ Abordamos melhor sobre este assunto na Seção 2.1

alunos que realizaram a prova em Santarém, nos itens de matemática do Enem 2017, foi de apenas 22,8%, o que mostrou a dificuldade da maioria dos alunos em responder os itens da referida prova.

As constatações de Silva (2019c) mostrando o baixo percentual de acertos dos alunos de Santarém que realizaram a prova de matemática do Enem 2017, nos levaram a refletir sobre a tese de Marcom (2019), na qual ele destacou que “a modelagem matemática é um dos problemas recorrentes na resolução dos problemas e exercícios de Física” (MARCOM, 2019, p. 88). Por este motivo, o autor chama a atenção durante o seu trabalho para a relação entre a matemática e a física. Relação esta que tem sido objeto de estudo de muitos pesquisadores e, na concepção de Karam (2007), estudos históricos e epistemológicos trazem evidências sobre esta inter-relação desde a mais remota essência do conhecimento. Podemos citar, por exemplo, o matemático Poincaré⁷ que já mencionava sobre esta inter-relação há mais um século, quando dizia:

O matemático não deve ser para o físico um simples fornecedor de fórmulas; é preciso que haja entre eles uma colaboração mais íntima. A física matemática e a análise pura não são apenas potências limítrofes, que mantêm relações de boa vizinhança; penetram-se mutuamente, e seu espírito é o mesmo (POINCARÉ, 1995, p. 90)

Obviamente, não está no escopo deste trabalho discutir sobre os pormenores desta inter-relação, mas diante dos achados de Marcom (2019) e da pesquisa realizada por Silva (2019c), decidimos fazer uma investigação sobre o desempenho dos alunos de Santarém, na disciplina de Física, dada a importância da mesma para a compreensão de diversos fenômenos e dos questionamentos (já mencionados no Capítulo 1) sobre o ensino dessa disciplina na atualidade.

É importante destacar que ao analisarmos os dados do QEd⁸, por exemplo, é possível ver que em 2019 apenas 8% dos alunos concluintes do ensino fundamental, no Estado do Pará, tinham um aprendizado adequado em matemática. Sendo que, naquele mesmo ano, o índice nacional era de 18%, o que ainda é muito baixo. Vale ressaltar, que na construção destes indicadores, o QEd utiliza dados obtidos junto ao Inep e, atualmente, eles só mostram estes dados estatísticos referentes às disciplinas

⁷ Jules Henri Poincaré foi um matemático, físico e filósofo da ciência francês. Nasceu em 1854 e morreu em 1912.

⁸ QEd: Use dados. Transforma a educação. Disponível em: <<https://qedu.org.br>>. Acesso em: 15 Mar. 2022.

de Português e Matemática do Ensino fundamental e do 3º ano do Ensino Médio (QEDU, 2022; SILVA, 2019c).

Portanto, ainda não existe um indicador nacional que mostre como está a aprendizagem dos alunos nas demais áreas do conhecimento. O que existem são iniciativas de pesquisadores, que utilizando dados públicos (dos exames educacionais), vão realizando pesquisas sobre as mais diversas áreas do conhecimento, conforme mostrado na Seção 1.1.

Evidentemente, seria interessante se os dados gerados pelo Enem - e por outras avaliações realizadas no Brasil - já estivessem disponíveis a todos, traduzidos em informações precisas, de modo que o professor, orientador pedagógico e demais educadores e pesquisadores, pudessem utilizar estas informações para reavaliar as ações de ensino-aprendizagem em suas escolas. Contudo, como não poderíamos pesquisar, neste momento, sobre todas as áreas do conhecimento, referente aos alunos de todas as cidades do Brasil, decidimos pesquisar apenas sobre a aprendizagem de Física, na cidade de Santarém-PA, por ser o município que sedia o Programa de Mestrado ao qual estou vinculado neste momento, de forma que esta pesquisa possa contribuir, de alguma forma, com a educação desta parte da região amazônica.

Portanto, esta pesquisa pode contribuir para uma melhor compreensão sobre o desempenho em Física pelos alunos de Ensino Médio de Santarém e partir disso trazer reflexões que poderão auxiliar para melhorar as ações no processo de ensino-aprendizagem desta disciplina. Além disso, os resultados desta pesquisa, somados aos obtidos por Silva (2019c) e a outros trabalhos que venham ser realizados, investigando esta e/ou outras áreas do conhecimento, na cidade de Santarém, poderão contribuir para uma melhor avaliação da aprendizagem dos alunos, após a conclusão do ensino médio e até mesmo para o planejamento dos conteúdos ensinados em sala de aula.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Exame Nacional de Ensino Médio (Enem) foi concebido com objetivo de “avaliar o indivíduo ao término da escolaridade básica, para aferir o desenvolvimento de competências fundamentais ao exercício pleno da cidadania” (BRASIL, 1998, p.6). Se por um lado, este exame acabou se tornando, na prática, um processo seletivo para ingresso no ensino superior ao longo do tempo, por outro, permite a coleta de dados importantes sobre o Ensino Médio, por ser uma avaliação em larga escala.

É importante frisar que diferente das disciplinas de matemática e português, que são avaliadas pelo Ideb (conforme destacamos na Seção 1.3), e têm os dados de proficiência consolidados no QEdU e pelo movimento Todos pela Educação¹, a Física não possui nenhum indicador nacional que mostre como está a proficiência dos alunos nesta disciplina. Porém, como grande parte dos alunos de Ensino Médio são avaliados pelo Enem, e sabendo que os resultados desse exame são disponibilizados ao público no site do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep) em forma de microdados, é possível que estes sejam tratados para análise do desempenho dos alunos nessa área da ciência.

Nas subseções seguintes, apresentamos uma breve revisão sobre o que é avaliação em larga escala e como o Enem pode contribuir neste processo avaliativo.

2.1 Avaliação em larga escala

Silva (2019c) esclarece que a avaliação educacional pode ser pensada em duas dimensões: a) a avaliação interna, na qual o docente avalia a aprendizagem do aluno e usa este diagnóstico para auxiliar na tomada de decisões do seu fazer pedagógico, e; b) a avaliação externa, que tem natureza quantitativa e geralmente é aplicada para muitos alunos por um agente externo à escola.

De acordo com Klein e Fontanive (1995) “a avaliação educacional é um sistema de informações que tem como objetivos fornecer diagnóstico e subsídios para a implementação ou manutenção de políticas educacionais” (KLEIN; FONTANIVE, 1995, p. 29). E na concepção desses autores, essa avaliação também deve ser realizada de

¹ Todos pela educação. Disponível em <https://www.todospelaeducacao.org.br>. Acesso em: 28 Ago 2020.

forma a prover um contínuo monitoramento do sistema educacional visando detectar os efeitos positivos ou negativos de políticas adotadas.

O termo “larga escala” diz respeito a um número muito grande de testes aplicados ou a utilização de algum tipo de amostragem estatística (JUNIOR; BARROSO, 2012). A avaliação em larga escala “é uma modalidade desenvolvida no âmbito dos sistemas de ensino com o objetivo principal de subsidiar políticas públicas na área educacional” (SUDBRACK; COCCO, 2014, p. 351). Os objetivos desse tipo de avaliação no ambiente escolar são: “informar o que populações e subpopulações de alunos em diferentes séries sabem e são capazes de fazer, em um determinado momento, e acompanhar sua evolução ao longo dos anos” (KLEIN; FONTANIVE, 1995, p. 30). Para estes autores, não é o objetivo desse tipo de avaliação fornecer informações sobre alunos e escolas individuais.

Nas últimas décadas, o Brasil tem implementado estudos que permitem ampliar o conhecimento sobre a realidade da educação brasileira e que podem embasar a elaboração de políticas públicas para a educação por meio do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Nesse sentido, foi criado e implementado o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (Saeb), o Exame Nacional de Cursos (conhecido como “Provão”), que posteriormente foi reformulado para ser chamado de Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), e o próprio Enem. (RIGOTTI; CERQUEIRA, 2015).

O Saeb, criado em 1990, coleta dados sobre o desempenho escolar e proporciona uma visão do processo de ensino-aprendizagem ao quantificar a proficiência de Português e Matemática, tanto dos alunos do segundo ao nono ano do ensino fundamental quanto dos do Ensino Médio. Para os alunos do 9º ano do ensino fundamental são também avaliadas as proficiências em Ciências da Natureza e em Ciências Humanas. Além disso, são aplicados questionários aos diretores e professores. Até 2019 o Saeb era utilizado na rede pública de ensino e em uma amostra da rede privada, porém, a partir de 2020, por meio da Portaria nº 458/2020 do Ministério da Educação, o exame passou a ter como público-alvo toda a rede pública e privada de ensino. O resultado desta avaliação é apresentado por série, estado e região e, analisado conjuntamente com o resultado do Censo Escolar², compõe o Índice de Desenvolvimento da Educação

² É considerado pelo INEP como o principal instrumento de coleta de informações da educação básica

Básica (Ideb) (BRASIL, 2020c).

Convém destacar que de acordo com o Ministério da Educação (MEC), desde 2021, o Saeb, assim como o Enem, também passou a ser usado para garantir o acesso ao ensino superior. Para isso, de acordo com o MEC, o Saeb passou a trazer o chamado “Enem seriado” e neste os alunos de nível médio formarão uma nota a partir da pontuação adquirida nos exames realizados em cada uma das três séries (BRASIL, 2020d).

Todavia, anteriormente o Saeb só avaliava o Ensino Fundamental. E sendo assim, o estado brasileiro decidiu implementar um exame que também avaliasse o Ensino Médio. Dessa forma, em 1998 foi implementado o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Este, conforme o artigo 1º da Portaria 438/1998 MEC, foi criado tendo por objetivos: I) conferir ao cidadão parâmetro para autoavaliação, com vistas à continuidade de sua formação e à sua inserção no mercado de trabalho; II) criar referência nacional para os egressos de qualquer das modalidades do Ensino Médio; III) fornecer subsídios às diferentes modalidades de acesso à educação superior, e; IV) instituir-se em modalidade de acesso a cursos profissionalizantes pós-médio.

Posteriormente, os objetivos do Enem foram atualizados pela Portaria nº 483/2015 do MEC, a qual alterou a Portaria nº 807/2010, na qual se destacou que:

Os resultados do Enem possibilitam: 1) a constituição de parâmetros para autoavaliação do participante, visando à continuidade de sua formação e a sua inserção no mercado de trabalho; 2) a certificação no nível de conclusão do ensino médio, pelo sistema estadual e federal de ensino, de acordo com a legislação vigente; 3) a criação de referência nacional para o aperfeiçoamento dos currículos do ensino médio; 4) o estabelecimento de critérios de participação e acesso do examinando a programas governamentais; 5) a utilização como mecanismo único, alternativo ou complementar aos exames de acesso à Educação Superior ou processos de seleção nos diferentes setores do mundo do trabalho; e 6) o desenvolvimento de estudos e indicadores sobre a educação brasileira (Portaria 438/2015 - MEC).

Dessa forma, é possível perceber que tanto o Saeb quanto o Enem, apesar de terem sido criados como avaliações em larga escala, foram aos poucos ganhando um caráter de seleção para o acesso ao nível superior. Aliás, cumpre destacar que o

brasileira. Trata-se de um levantamento estatístico, realizado anualmente nas escolas de educação infantil, fundamental e médio visando compreender a situação educacional do país (BRASIL, INEP – Censo escolar, 2020. Disponível em <http://portal.inep.gov.br/censo-escolar>. Acesso em: 03 Ago 2020).

Enem já trouxe em seus objetivos, desde sua criação, a intenção de servir como um processo seletivo, conforme pode ser visto nos objetivos citados anteriormente.

Além do Saeb e do Enem, alguns estudantes brasileiros são submetidos a mais uma avaliação ao final da graduação. Esta, chamada de Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), pode não ser considerada uma avaliação em larga escala, pois nem todos os alunos participam, mas é obrigatória para todos os estudantes selecionados e é aplicada pelo Inep desde 2004, integrando o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (Sinaes), que visa conhecer a qualidade dos cursos e instituições superiores brasileiras. Este exame avalia o rendimento dos concluintes selecionados em relação aos conteúdos previstos nas diretrizes curriculares dos cursos. Além disso, avalia o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias para o aprofundamento da formação geral e profissional, além de quantificar o nível de compreensão dos estudantes em relação à realidade brasileira e mundial (BRASIL, 2020a).

Conforme destacam Sudbrack e Cocco (2014) a compreensão destas avaliações em larga escala é de grande importância uma vez que seus resultados podem servir como indicadores, apontando erros e acertos, que podem muito bem subsidiar na tomada de ações em prol da educação.

2.1.1 Sobre o Enem

O Enem, conforme proposto inicialmente em 1998, tinha o “objetivo fundamental de avaliar o desempenho do aluno ao término da escolaridade básica, para aferir o desenvolvimento das competências fundamentais ao exercício pleno da cidadania” (BRASIL, 1998, p. 1) e foi criado visando atender às exigências da nova Lei Nº. 9.394/1996 - Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), que determina em seu artigo 9º, inciso VI, que o Estado deve “assegurar processo nacional de avaliação do rendimento escolar no ensino fundamental, médio e superior, em colaboração com os sistemas de ensino, objetivando a definição de prioridades e a melhoria da qualidade do ensino”.

Conforme a proposta inicial do Enem, o exame era constituído de uma prova única com 63 questões e uma redação, e abrangia as várias áreas do conhecimento seguindo uma matriz de competências e habilidades associadas aos conteúdos do

Ensino Fundamental e do Ensino Médio (BRASIL, 1998). Da sua criação (em 1998) até 2008 a avaliação de desempenho dos participantes era feita por meio da mensuração da nota da prova objetiva, na qual o valor correspondia ao percentual de questões respondidas corretamente (num total de 0 a 100) e pela nota de redação que também valia 100 pontos. Ou seja, nesse período o processo avaliativo era feito seguindo a Teoria Clássica dos Testes (TCT), onde a avaliação do aluno é “baseada unicamente no total de questões respondidas corretamente” (QUARESMA; DIAS; BARBETTA, 2019)

Para elaboração da matriz de competências e habilidades, considerou-se que:

Competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer. As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do “saber fazer”. Através das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências (BRASIL, 1998, p. 7).

Contudo, conforme Britton e Schneider (2007 apud JUNIOR; BARROSO, 2012), a avaliação aplicada dessa forma fornecia um indicador de qualidade, mas não conseguia mensurá-la, devido a apresentar características incomuns para avaliação em larga escala, tais como: não ser um exame obrigatório e não utilizar mecanismos de amostragem.

A partir de 2004, o Enem começa a deixar de ser apenas uma avaliação de competências aplicada ao final do Ensino Médio e passa a ser, também, uma avaliação para permitir o acesso às universidades. Isto porque o Programa Universidade para Todos (Prouni) passou a utilizar a nota do Enem para concessão de bolsas de estudos integrais e parciais, a partir daquele ano. Com isso, o número de participantes aumenta em 2005 e o número de inscritos salta de 1.552.316 para 3.004.091, sendo que 67% desses inscritos almejavam uma vaga no ensino superior (BRASIL, 2020b).

No ano de 2008, o Enem ganha ainda mais ênfase como processo de acesso às universidades, quando o Inep e o Ministério da Educação (Mec) decidiram torná-lo um processo nacional de seleção para ingresso na educação superior e certificação do Ensino Médio. Com isso, o número de inscritos salta para 4.018.050 e, desse total, 70% afirmaram que fizeram o Enem visando entrar na faculdade ou conseguir pontos

para o vestibular (BRASIL, 2020b).

A partir de 2009, o Enem mudou de formato, teve sua matriz de referência substituída e os escores passaram a ser obtidos pela Teoria de Resposta ao Item (TRI). Desde então, o exame passou a ter 180 questões objetivas, além de uma redação, e sua matriz passou a ser estruturada por quatro áreas do conhecimento: a) Linguagens, Códigos e suas tecnologias; b) Matemática e suas tecnologias; c) Ciências Humanas e suas tecnologias; e d) Ciências da Natureza e suas tecnologias, conforme pode ser visto no Quadro 1. (BRASIL, 2019b; JUNIOR; BARROSO, 2012).

De acordo com Marcom e Kleinke (2016), a partir deste ano, o Enem adquiriu características similares a alguns vestibulares.

A partir de 2009 esse exame foi modificado com o intuito de transformá-lo num exame de acesso ao sistema federal de ensino superior, através do Sisu. Para que a o exame fosse aceito, principalmente pelas universidades federais, foram realizadas uma série de modificações em sua estrutura, passando a apresentar dois dias de prova, com 180 questões de múltipla escolha e uma redação dissertativa. A partir desse ponto, o Enem torna-se uma prova com algumas características similares aos (antigos e atuais) vestibulares (MARCOM; KLEINKE, 2016, p. 74).

Quadro 1. Descrição das Áreas de Conhecimento e Componentes Curriculares do Enem

Área do conhecimento	Componentes Curriculares
Linguagens, Códigos e suas tecnologias e Redação	Língua Portuguesa, Literatura, Língua Estrangeira (Inglês ou Espanhol), Artes, Educação Física e Tecnologias da Informação e Comunicação.
Ciências Humanas e suas tecnologias	História, Geografia, Filosofia e Sociologia.
Ciências da Natureza e suas tecnologias	Química, Física e Biologia.
Matemática e suas tecnologias	Matemática.

Fonte: O Autor (2021) com dados do Brasil (2019b)

Além do mais, com a criação do Sistema de Seleção Unificada (Sisu) em 2009, o Enem passou a ser o principal exame utilizado para acesso às universidades públicas. Em 2013, quase todas as Instituições Federais de Ensino Superior adotavam o Enem em seus processos seletivos. Além disso, desde esse ano, a pontuação no exame tornou-se um pré-requisito para o acesso ao Fundo de Financiamento Estudantil (Fies) (BRASIL, 2020b).

Com a implementação dessas mudanças no Enem, o número de participantes aumentou exponencialmente. Assim, embora o exame não seja obrigatório -

conforme questionado por Junior e Barroso (2012) -, o resultado do Enem tornou-se mais representativo em relação ao total de alunos do ensino médio no Brasil, uma vez que o exame passou a ser aplicado em todo o território nacional e, como é utilizado para ingresso no ensino superior, seu número de participantes cresceu em todo o país (VIZZOTTO, 2022).

Junior e Barroso (2012) destacam que o Enem possui alguns vícios de origem como avaliação em larga escala, tais como não ter sido proposto para ser uma avaliação de sistema, mas sim para ser uma avaliação individual, além de não ser universal nem amostral para os estudantes do Ensino Médio. Contudo, apesar desses problemas, os autores entendem que este exame fornece indicadores relevantes sobre a qualidade da educação básica brasileira.

2.1.2 Divulgação dos resultados do Enem

Embora os resultados de todas as edições do Enem sejam divulgados no site do Inep, muitas escolas não têm acesso a esses dados devido à forma como são disponibilizados. Isso ocorre, pois vez de informações detalhadas sobre o desempenho de cada aluno, as escolas recebem apenas uma média de cada área do conhecimento, o que não reflete com precisão o percentual de alunos que realmente dominam aquele conteúdo (SILVA, 2019c).

As escolas também esperam esta informação oficial do governo, no entanto, recebem apenas uma média, que por si só não tem significado, pois dizer que a nota da escola ou colégio em matemática é 614,82, não significa dizer que 60% dos seus alunos dominam de forma adequada as habilidades que se apresentaram no exame, muito menos que 60% do conteúdo foram assimilados pelos alunos, afinal, nem a prova vale 1000 pontos nem a correção está ligada ao número de acertos na prova (SILVA, 2019c, p. 43).

Ou seja, para que esses dados auxiliem os gestores de escolas na análise da aprendizagem do conteúdo, ou até mesmo na tomada de decisões para melhorias no processo de ensino-aprendizagem, é preciso analisar os microdados disponibilizados pelo Inep. Neles, estão contidos os dados individuais dos alunos que participaram do exame (sem identificá-los). No entanto, para fazer a leitura desses dados, é necessário ter equipamentos com um bom poder de processamento e um profissional que tenha o conhecimento necessário para dividir em partes menores os arquivos disponibilizados

e, em seguida, aplicar os filtros necessários para fazer a leitura e obter as informações relevantes àquela escola.

Algumas informações das escolas de Ensino médio são divulgadas de modo claro, tais como as médias em cada área do conhecimento e a média de redação. Porém, os dados informando como foram os alunos individualmente e em cada área do conhecimento, embora disponibilizados nos microdados fornecidos na página do Inep, não são utilizados pelas escolas ou por falta de tecnologia ou por falta de conhecimento (FRIAS, 2015, p. 14).

Desse modo, percebe-se que os dados coletados durante esta avaliação acabam não sendo utilizados por muitos gestores devido às dificuldades para acessá-los, decodificá-los e traduzi-los de forma que possam se transformar em informações que embasem melhor as decisões desses gestores visando à melhoria do ensino. É o que destaca Silva (2019c):

O Inep divulga em seu site os dados individuais dos alunos que participaram do exame sem identifica-los, no entanto, o formato ainda é inacessível às escolas, afinal é necessário tecnologia de ponta para se obter os dados e profissional que conheça linguagem avançada para dividir em partes menores os arquivos, por isso, apesar dos microdados estarem à disposição é irrelevante a parcela da comunidade escolar que consegue esses dados, que tem instrumentos estatísticos para tratá-los da melhor forma e ainda dividir com os coordenadores, professores e alunos, este conhecimento que, com certeza, terá uma utilidade fundamental para traçar estratégias visando aumentar o rendimento dos alunos que é uma das metas deste trabalho e contribuir de forma efetiva para a melhoria da docência e da educação de modo geral (SILVA, 2019c, p. 44).

2.1.3 Análise dos microdados do resultado do Enem

Júnior e Barroso (2014) destacam a importância da análise dos microdados disponibilizados pelo Inep para que os professores possam utilizar esses resultados e, assim, obter uma melhor compreensão da aprendizagem dos alunos ao final do Ensino Médio. Nesta pesquisa, foi feita uma análise psicométrica das questões de Física do Enem 2019, utilizando tanto a Teoria Clássica dos Testes (TCT) quanto a Teoria de Resposta ao Item (TRI). Uma vez analisados, esses dados podem contribuir para que professores e pesquisadores obtenham um melhor conhecimento do desempenho dos alunos em relação aos conteúdos de Física.

2.2 Teoria Clássica dos Testes (TCT) e Teoria de Resposta ao Item (TRI)

2.2.1 Psicometria

A psicometria é um campo científico da Psicologia, que trata do estudo das medidas psicológicas, incluindo a construção e avaliação de testes psicológicos. É uma disciplina interdisciplinar que se relaciona com outras áreas, como a neurociência, a sociologia e a filosofia (PASQUALI, 2011; MATSUNAGA, 2022).

Matsunaga (2022) destaca que um dos grandes desafios durante a história da Psicologia, além da definição de seus objetos de pesquisa, foi a forma como mensurar fenômenos psicológicos, emocionais ou cognitivos. Questionava-se, por exemplo, o que é inteligência, mas também perguntava-se como ela era estruturada e de que forma poderíamos medi-la.

Assim, no início do século XX, no nascimento da Psicometria, tendo em vista a necessidade de desenvolver instrumentos de observação de processos subjetivos conceitos tais como inteligência, personalidade, criatividade, emoção, percepção e memória passaram a ser enfaticamente estudados por meio de instrumentos objetivos, genericamente denominados de testes psicológicos (PASQUALI, 1997; PASQUALI, 2003; ALCHIERI, 2003).

Sobre o surgimento da Psicometria, diz-se que ela tem origem na Psicofísica dos psicólogos alemães Ernst Heinrich Weber e Gustav Fechner (PASQUALI, 2009). Além destes, Pasquali (2009) também destaca o importante papel de Francis Galton e Leon Louis Thurstone, quando afirma que:

O inglês Francis Galton também contribuiu para o desenvolvimento da psicometria, criando testes para medir processos mentais; inclusive, ele é considerado o criador da psicometria. Foi, contudo, Leon Louis Thurstone, o criador da análise fatorial múltipla, que deu o tom à psicometria, diferenciando-a da psicofísica. Esta foi definida como a medida de processos diretamente observáveis, ou seja, o estímulo e a resposta do organismo, enquanto a psicometria consistia na medida do comportamento do organismo por meio de processos mentais (lei do julgamento comparativo) (PASQUALI, 2009, p. 993).

Etimologicamente, a psicometria representa a teoria e a técnica de medida dos processos mentais, especialmente aplicada na área da Psicologia e da Educação, e se fundamenta na teoria da medida em ciências em geral, tendo como característica

e vantagem, o quantitativo (PASQUALI, 2009). Dessa forma, a psicometria faz uso de testes, em que pesquisadores das ciências psicossociais utilizam-se destes para estimar o comportamento psicológico do sujeito, prevendo de certa forma o erro presente nessa medida (FERNÁNDEZ *et al.*, 1997).

A psicometria, em sentido estrito, trata da medida de construtos psicológicos ou de traços latentes, através de comportamentos verbais ou motores que seriam a representação daqueles traços (LORD, 1980 apud PASQUALI, 1996). Como bem resume Moreira (2020) “a Psicometria é uma área da Psicologia que trata de atribuir significados às respostas de um indivíduo a uma série de tarefas ou testes, através de processos mentais” (MOREIRA, 2020, p. 123).

No Brasil, a psicometria tem origem na medicina, no trabalho formal e nas propostas de reorganização escolar, se expandindo a partir dos testes de inteligência, a partir da criação dos laboratórios de psicologia experimental, além da divisão social do trabalho e a psicologia aplicada à escola (WALGER *et al.*, 2006).

As contribuições educacionais que advêm da Psicometria para a Psicologia Educacional passam pela *necessidade* de uma concepção mais cognitivista nas interpretações pedagógicas dos resultados (além das expectativas comportamentais) e do exercício adequado de suas finalidades, bem como de uma compreensão minimamente suficiente pelos pesquisadores e educadores preocupados com o processo de avaliação e melhorias na qualidade do ensino, principalmente quando o próprio sistema adota esse paradigma de referência (BRAGA, 2018, p. 152).

Na educação, o uso das técnicas psicométricas veio da necessidade de determinar o grau de aptidão dos alunos avaliados por meio de instrumentos válidos e confiáveis, características particularmente fundamentais para avaliações decisivas (COLLARES; GREC; MACHADO, 2012).

Pasquali (2009) destaca a existência de duas vertentes da psicometria moderna, a saber: a Teoria Clássica dos Testes (TCT) e a Teoria de Resposta ao Item (TRI). Atualmente, ambas são consideradas como dois referenciais que podem ser utilizados tanto na fase de construção e validação quanto na avaliação de instrumentos em Psicologia da Educação, conforme destacam ARAÚJO *et al.* (2020).

No contexto educacional, TCT e TRI podem ser empregadas para avaliação de construtos cognitivos. Construtos são habilidades ou características do sujeito que não podem ser mensuradas diretamente,

ou seja, necessitam de um instrumento para serem mensuradas. Por este motivo, o instrumento precisa ser bem construído, de forma que possibilite a medição com menor erro possível (ARAÚJO *et al.*, 2020, p. 3).

Portanto, sabe-se que a Psicometria é ampla e abraça, no mínimo, cinco áreas especializadas, como a teoria da medição, teoria dos testes, escalas psicológicas, escalas psicoFísicas e técnicas multivariadas (MUNIZ, 1994). Sendo que, atualmente, estas duas vertentes da Psicometria (a Teoria Clássica dos Testes e a Teoria de Resposta ao Item) tem sido utilizadas de forma complementar, de modo que ambas fornecem informações úteis ao pesquisador (PASQUALI, 2009).

2.2.2 Teoria Clássica dos Testes (TCT)

Segundo Pasquali (2003), no século XIX, as pesquisas clínicas iniciaram um ciclo no desenvolvimento de instrumentos de avaliação psicológica, começando em meados de 1880, com o fundador do primeiro laboratório voltado às medições antropométricas, Francis Galton (1822-1911), tendo contribuições significativas do psicólogo James Mckeen Cattell (1860-1944) e Alfred Binet (1857-1911). Nessa época, desenvolveu-se a Teoria Clássica dos Testes, a partir dos trabalhos do psicólogo Charles Spearman relacionados à análise fatorial e ao coeficiente de correlação.

A TCT compreende um conjunto de conceitos e técnicas que tem sido utilizado como base para o desenvolvimento de numerosos instrumentos de medidas e como ponto de referência para abordagens de medidas psicométricas (VILLAR, 2021).

Na Teoria Clássica de Teste, o todo é o mais importante. A soma da pontuação de cada questão resulta na nota do aluno, com o objetivo de analisar o domínio do seu conhecimento. A TCT tem como premissa básica, que quanto mais acertos, maior o domínio do aluno em determinado assunto. Coloca o foco na quantidade de acertos do aluno, isto é, no valor final da nota (SANTOS *et al.*, 2022, p. 27).

Os resultados podem ser representados por escores brutos ou padronizados e têm suas análises e interpretações de confiabilidade e erro padrão de medida sempre calculados para a prova como um todo (PASQUALI, 2009).

Segundo Rodrigues (2016), a fidedignidade do teste na TCT, é avaliada com o uso de fórmulas e conceitualmente este modelo tem como axioma fundamental a Equação 2.1.

$$X_j = T_j + E_j \quad (2.1)$$

Sobre a Equação (2.1) o autor esclarece:

Na qual X_j é o escore do respondente j , T_j é o escore verdadeiro do respondente j e E_j é a componente de erro do respondente j . O modelo postula que os testes mostram um escore diferente do que seria característico do respondente, uma vez que as circunstâncias ou a ineficiência do teste pode mascarar o desempenho desse respondente. Então, três axiomas têm predominância na abordagem deste modelo: Se uma amostra de respondentes é submetida a dois testes então, I - o escore esperado é o verdadeiro; II- não há correlação entre o escore verdadeiro e o respectivo erro e III- não há correlação entre os respectivos erros dos dois testes. O modelo da TCT, em sua dinâmica de expediente, processa descritivamente os escores brutos dos respondentes, utilizando as medidas tradicionais da Estatística e verifica a fidedignidade dos testes através de correlações. Os parâmetros avaliados são a dificuldade de cada item e a discriminação do item (RODRIGUES, 2016, p. 19).

Andrade, Tavares e Valle (2000) explicam que tradicionalmente a TCT foi utilizada em processos de avaliação. Contudo, estes autores também chamam a atenção para a limitação desta teoria uma vez que os resultados obtidos nestas avaliações dependem dos itens que compõem a avaliação e as interpretações dos resultados estão sempre associadas à prova como um todo. “Assim, torna-se inviável a comparação entre indivíduos que não foram submetidos às mesmas provas, ou pelo menos, ao que se denomina de formas paralelas de testes” (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000, p. 3).

Klein (2009) ratifica esta limitação da TCT, esclarecendo que nesta teoria os resultados dependem do conjunto particular de questões que compõem a prova e dos sujeitos que a inventaram, isto é, as análises e interpretações estão sempre associadas à prova como um todo e ao grupo de pessoas. Assim, a comparação entre pessoas ou grupos de pessoas é possível quando eles são submetidos às mesmas avaliações (KLEIN, 2009). E isso seria uma limitação para o Enem, especialmente desde que o Enem começou a ser adotado como um Processo Seletivo Unificado. Afinal, como um aluno submetido a uma edição do Enem, poderia concorrer a uma vaga com um aluno que realizou a prova do exame do ano anterior, por exemplo? (uma vez que algumas universidades dão esta possibilidade aos seus candidatos) ou ainda, como

seria possível comparar o desempenho dos alunos de determinada cidade, levando-se se em conta um período de anos, se a TCT limitava esta comparação?

Andrade, Tavares e Valle (2000) destacam que uma das vantagens da Teoria da Resposta ao Item sobre a TCT é que ela permite a realização de comparações entre populações, desde que essas sejam submetidas a provas que tenham alguns itens comuns. Além disso, permite também a comparação entre indivíduos da mesma população que tenham sido submetidos a exames diferentes. “Isto porque uma das principais características da TRI é que ela tem como elementos centrais os itens, e não a prova como um todo” (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000, p. 3).

2.2.3 Teoria de Resposta ao Item (TRI)

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) é o nome dado ao conjunto de modelos matemáticos probabilísticos que relacionam a probabilidade de acerto em cada item com o grau de habilidade da pessoa testada, representado pela letra grega teta (θ) (COLLARES; GREC; MACHADO, 2012).

Fernández *et al.* (1990), Embretson e Reise (2000) apresentam a Teoria de Resposta ao Item como abordagem da teoria dos testes psicológicos, tendo como proposta, resolver problemas apresentados pelo modelo clássico: (A) a conexão que a medida oferece em analogia ao tipo de teste usado, (B) a amostra da população usada para a estimação dos parâmetros e (C) a consideração do escore total como referência de medida.

A TRI surgiu com o intuito de solucionar uma série de limitações que a Teoria Clássica dos Testes (TCT) ou Teoria Clássica das Medidas (TCM) apresentava. Os modelos de TRI têm vantagens distintas sobre os métodos clássicos: o fato dos parâmetros dos itens e níveis do traço latente serem independentes; o modelo ser expresso no nível da resposta do item observado além do nível do escore do teste observado; a contribuição de cada item para a escala pode ser medida através da informação de TRI e a criação de formas curtas, paralelas e customizadas para as escalas, além de outras não tão importantes (GUEWEHR, 2007, p. 121).

A Teoria de Resposta ao Item utiliza técnicas que propõe modelos para os traços latentes, ou seja, as características do sujeito que não podem ser observadas diretamente, pois esse é o tipo de característica, chamada na TRI de variável, que deve ser deduzida a partir da observação de variáveis secundárias que estejam relacionadas

a ela. Essa metodologia recomenda formas de representar a relação entre a perspectiva de um sujeito dar uma certa resposta a um item e seus traços latentes, proficiências ou habilidades na área de conhecimento avaliada (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

A estimativa da habilidade, chamada de teta (θ), está relacionada com a expectativa da pessoa responder perfeitamente aos itens, considerando um ou mais parâmetros (BAKER; KIM, 2017). Por isso, a TRI também é conhecida como Teoria do Traço Latente, pois trata construtos como sendo compostos de dimensões, ou seja, propriedades de diferentes magnitudes que podem ser mensuradas. Logo, a habilidade medida pode ser chamada de construto ou traço latente, pois nesta teoria estes termos são considerados sinônimos (PASQUALI; PRIMI, 2003; ARAÚJO *et al.*, 2020).

A metodologia de TRI sugere formas de representar a relação entre a probabilidade de um indivíduo dar uma certa resposta a um item, por exemplo, um questionário de qualidade de vida, e seus traços latentes da área avaliada. O modelo permite obter, para cada sujeito, um único valor para a estrutura latente, o qual resume a informação contida nas suas respostas aos vários itens com o mínimo de perda de informação. A metodologia é sofisticada e complexa, tornando-se possível apenas com recursos computacionais especializados. Apresenta também um amplo espectro de vinculação com outros procedimentos estatísticos de análise de dados, como modelos de análise fatorial, análise de sobrevivência e análise de medidas repetidas (GUEWEHR, 2007, p. 120).

Pasquali e Primi (2003) destacam que a TRI faz dois postulados básicos: a) o desempenho do sujeito ao responder o item de um teste, por exemplo, pode ser predito a partir de um conjunto de variáveis hipotéticas, chamados de aptidões e traços latentes, representados pela letra teta (θ), considerando assim, o “teta” como causa e o desempenho como efeito; b) é possível demonstrar a relação entre o desempenho e os traços latentes por meio de uma equação matemática monotônica crescente, chamada de Curva Característica do Item (CCI), sendo que, conforme se vê no Gráfico 2, a medida que aumenta o teta, aumenta também a probabilidade do indivíduo acertar o item.

A Curva Característica do Item (CCI) é assim explicada por Pasquali e Primi (2003):

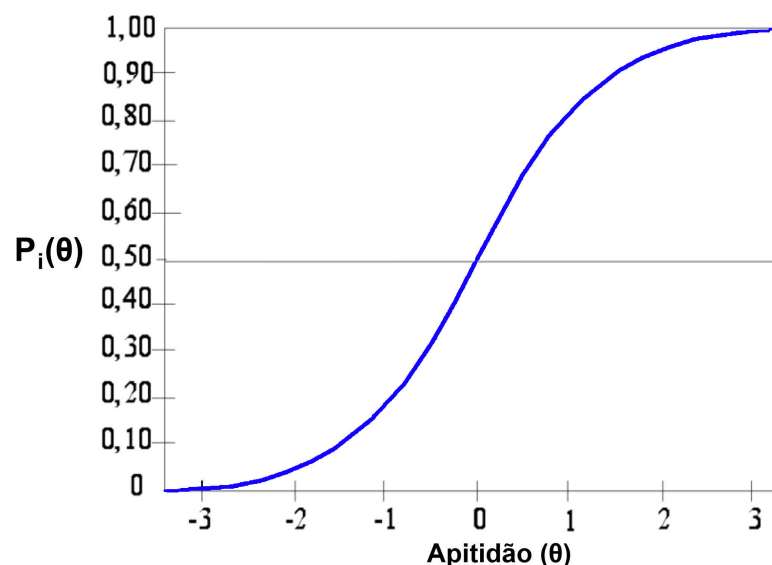
Parece razoável se supor que um sujeito que tem maior aptidão, isto é, que possui um nível mais elevado do processo latente que um dado item mede, terá uma probabilidade maior de acertar este item do que um

sujeito com nível inferior de aptidão. Se o processo latente é expresso como q , então esta probabilidade de acerto é definida como $p_i(q)$, que se lê como: a probabilidade (p) de acertar o item (i) dado um tamanho tal de teta (q). Assim, o sujeito com menor habilidade terá uma $p_i(q)$ pequena, enquanto um de aptidão superior terá tal probabilidade bem maior. Desta forma, a $p_i(q)$ de acertar um dado item vai de 0 a 1, onde ela será 0 para o sujeito que não tiver nenhuma aptidão que o item mede e 1 para o sujeito que tem uma aptidão teta ótima. Esta situação faz com que, à medida que cresce o tamanho do teta, vai crescendo também a $p_i(q)$, provocando visualmente uma curva de tipo S na escala de aptidão (PASQUALI; PRIMI, 2003, p. 106).

Andrade, Laros e Gouveia (2010) destacam que apesar da TRI apresentar diversas vantagens em relação à TCT, esta não tem sido abandonada em detrimento daquela. Em vez disso, ambas têm sido utilizadas de forma conjunta, a fim de fornecer informações adicionais ao pesquisador sobre a qualidade do teste (BECHGER *et al.*, 2003; ANDRADE; LAROS; GOUVEIA, 2010).

Dentre as grandes vantagens da TRI sobre a TCT, destaca-se a que permite fazer comparações entre o traço latente de sujeitos de populações distintas quando são submetidos a testes ou questionários que tenham alguns itens comuns. Além disso, a TRI também permite a comparação de sujeitos do mesmo grupo submetidos a testes totalmente diferentes. Isso é possível porque a TRI tem como elementos centrais os itens e não o teste ou questionário como um todo (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

Gráfico 2. Curva Característica do Item (CCI).



Fonte: Adaptado de Pasquali e Primi (2003).

2.2.3.1 Pressupostos da TRI: unidimensionalidade e independência local

Pasquali e Primi (2003) afirmam que existe duas características ou pré-requisitos da TRI que possuem uma relevância especial diante das demais, a saber: a unidimensionalidade e a independência local. Estas, segundo Pasquali e Primi (2003), representam suposições básicas dos modelos mais correntes da TRI.

A história das suposições é frustrante para muita gente, porque elas não podem ser empiricamente demonstradas e nem possuem bases lógicas; elas são simplesmente aceitas ou não aceitas, isto é, elas são gratuitas, elas são hipóteses. Mas, observe o seguinte: (1) qualquer modelo matemático, para poder funcionar e ser útil, precisa fazer algumas suposições entre o modelo e os dados empíricos, inclusive especificando as relações que existem entre as variáveis hipotéticas do modelo e as variáveis observáveis ou empíricas; (2) embora as suposições não possam ser provadas diretamente, elas podem sê-lo indiretamente (em suas consequências), isto é, verificando se a sua violação produz resultados incongruentes no estudo da realidade empírica; quer dizer que os resultados práticos irão determinar se as suposições foram ou não úteis ou adequadas (PASQUALI; PRIMI, 2003, p. 103).

Sousa (2019) explica que quando é analisado um conjunto de itens segundo a TRI, este conjunto deve dispor destas duas características (a unidimensionalidade e a independência local), para que haja um adequado ajuste do modelo pretendido. Sendo assim, ao utilizar a TRI, é preciso supor que ao aplicar um teste, a probabilidade de acertar um item, do conjunto de itens que compõem o teste, dependerá unicamente do traço latente do sujeito, ou seja, do seu θ (FERNÁNDEZ *et al.*, 1990). Dessa forma, conforme Sousa (2019), pressupõe-se que os itens do teste estejam medindo um único traço latente do sujeito, ou seja, que os itens são unidimensionais.

Segundo Pasquali e Primi (2003), parece haver um consenso que qualquer desempenho humano é multideterminado ou multimotivado, uma vez que, segundo os autores, mais de um traço latente entram na execução de qualquer tarefa. Todavia, para atender o postulado da unidimensionalidade necessário à TRI, é suficiente admitir que existe um traço latente (ou uma aptidão ou “traço dominante”) responsável pelo desempenho do indivíduo num conjunto de itens do teste. E é este traço latente dominante que se supõe estar sendo medido pelo teste.

Além da suposição da unidimensionalidade, ao analisar um conjunto de dados a partir da TRI, Sousa (2019) esclarece que é preciso supor que as respostas de um determinado item não sejam influenciadas por outros itens. Ou seja, segundo

este postulado, “mantidas constantes as aptidões que afetam o teste, menos o “teta” dominante, as respostas dos sujeitos a quaisquer dois itens são estatisticamente independentes” (PASQUALI; PRIMI, 2003, p. 104). Sendo assim, ao aceitar este postulado, entende-se que o desempenho de um sujeito em um determinado item não afeta o desempenho em outro, uma vez que cada item é respondido em função do seu “teta” dominante. Pasquali e Primi (2003) destacam que esta suposição é muito importante, porque uma vez que ela é aceita, então entende-se que as respostas de um determinado sujeito à um conjunto de itens será o produto das probabilidades de o indivíduo acertar cada item individualmente. Sendo assim, as probabilidades de o indivíduo acertar cada item “dependem das características do mesmo (dificuldade, discriminação) e do tamanho do “teta” do sujeito respondente” (PASQUALI; PRIMI, 2003, p. 104).

Na concepção de Andrade, Tavares e Valle (2000) a unidimensionalidade implica a independência local e, portanto, tem-se uma e não duas suposições a serem verificadas. Sousa (2019) destaca, que dentre os vários modelos da TRI existentes na literatura atualmente, existem três que são mais utilizados em testes educacionais (conforme mostrados na Subseção 2.2.3.2) e que atendem bem aos pressupostos da unidimensionalidade e da independência local.

Cumprido destacar que, embora estejamos utilizando neste trabalho o conceito da unidimensionalidade - até porque é o conceito usado no processo de cálculo da nota do Enem (conforme mostrado na Seção 2.3)- é importante frisar que já existem diversas pesquisas sobre modelos de Teoria de Resposta ao Item Multidimensional (TRIM).

Embora os modelos unidimensionais da TRI sejam úteis em certas condições, há a necessidade de modelos TRI mais completos que reflitam com maior precisão a complexidade nas interações entre examinados e itens do teste. Uma maneira de ampliar a capacidade de modelos da TRI é considerar a hipótese de que pessoas apresentam uma grande variedade de habilidades, algumas das quais são importantes para o desempenho em itens específicos, de tal forma que determinados itens exijam múltiplas habilidades para serem corretamente respondidos (QUARESMA, 2014, p. 50).

2.2.3.2 Modelos logísticos da Teoria de Resposta ao Item

Dentre os vários modelos matemáticos existentes, existem três modelos logísticos que são mais utilizados na TRI e que permitem um melhor tratamento estatístico, a saber: 1) O modelo de um parâmetro (ML1) que considera apenas a dificuldade do item – ou seja, a resposta do item depende apenas dele mesmo e da aptidão (ou traço latente dominante) do indivíduo; 2) O modelo logístico de dois parâmetros (ML2) que considera a dificuldade e a discriminação do item, e; 3) O modelo de 3 parâmetros (ML3) onde são considerados a dificuldade, a discriminação e a probabilidade de acertar o item ao acaso (ou chute) (SOARES; SOARES; SANTOS, 2021; SOUSA, 2019)

Os três modelos logísticos supracitados, podem ser demonstrados por meio das expressões matemáticas mostradas na Figura 1, onde, conforme Quaresma (2014), Andrade, Tavares e Valle (2000):

$P_i(\theta)$ é a probabilidade de um sujeito acertar o item dado um determinado “teta”.

θ é o nível de habilidade (traço latente) do sujeito;

i é o número do item no teste, ou seja, a posição do item em relação ao conjunto de itens;

a é o parâmetro de discriminação (ou inclinação). Sendo assim, a_i é a discriminação do item i , com valor proporcional à inclinação da Curva Característica do Item (CCI) no ponto b_i ;

b é índice de dificuldade do item;

c é o índice de acerto casual. Logo, c_i é o parâmetro do item que representa a probabilidade de indivíduos com baixa habilidade responderem corretamente o item b_i ;

e é uma base logarítmica de valor 2,72;

D é um fator de escala, constante igual a 1. Sendo que, utiliza-se o valor 1,7 quando se deseja que a função logística forneça resultados semelhantes aos da função ogiva normal.

Figura 1. Expressões matemáticas dos três modelos logísticos da TRI.

Modelo Logístico de 1 parâmetro	$P_i(\theta) = \frac{e^{D(\theta-b_i)}}{1 + e^{D(\theta-b_i)}}$
Modelo Logístico de 2 parâmetros	$P_i(\theta) = \frac{e^{Da_i(\theta-b_i)}}{1 + e^{Da_i(\theta-b_i)}}$
Modelo Logístico de 3 parâmetros	$P_i(\theta) = c_i + (1 - c_i) \frac{e^{Da_i(\theta-b_i)}}{1 + e^{Da_i(\theta-b_i)}}$

Fonte: Sousa (2019).

2.3 O Enem e o uso da TCT e da TRI

Até o ano de 2008, a nota do Enem era calculada usando a TCT, tal como nas avaliações em sala de aula, em que as notas variam de “0 a 10” ou de “0 a 100” e são obtidas por meio da soma das respostas corretas. Com isso, estudantes que acertam a mesma quantidade de questões obtêm a mesma nota. No entanto, segundo o Brasil (2021), esse modelo não utiliza todas as informações que podem ser obtidas em um exame e esclarece que:

Esse modelo de atribuição de notas, baseado na Teoria Clássica dos Testes (TCT), embora facilmente entendido e bastante utilizado, não usa a totalidade de informações que podem ser extraídas do conjunto de respostas do examinando; não leva em conta, por exemplo, se o examinando mantém um padrão de resposta coerente com sua proficiência, isto é, se acerta mais itens de nível de dificuldade inferior ou igual à sua proficiência e menos itens de nível de dificuldade superior à sua proficiência (BRASIL, 2021, p. 7).

Por este motivo, a partir de 2009 o Inep passou a adotar a TRI para o cálculo da nota do Enem (BRASIL, 2021, p. 7). Este fato foi ratificado durante a realização da prova regular do Enem de 2019 (objeto de estudo desta pesquisa), quando o Inep explicou que utiliza a TRI desde 2009 “para possibilitar o acompanhamento e comparação do desempenho dos estudantes” (BRASIL, 2019c). Além disso, por meio de uma Nota Técnica³, o Inep deixou claro que utiliza o modelo logístico de três parâmetros da TRI.

³ Nota técnica - Assunto: Teoria de Resposta ao Item. Disponível em https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/nota_tecnica/2011/nota_tecnica_tri_enem_18012012.pdf. Acesso em: 11 fev 2021.

Sendo assim, dois alunos que acertem a mesma quantidade de questões em um exame podem obter notas diferentes, pois, conforme explicitado acima, é considerada a coerência da questão devido ao uso da TRI.

O cálculo estatístico da TRI permite dar uma pontuação maior para quem acerta os itens mais complexos da prova, e também os mais fáceis, mesmo que o número total de questões certas seja igual ao de alguém que marcou o mesmo número de respostas certas, mas para questões menos complexas (BRASIL, 2019c).

Portanto, neste capítulo, mostramos um pouco sobre o que é uma avaliação em larga escala e destacamos as avaliações que o Brasil utiliza para analisar a aprendizagem dos alunos, dentre as quais destacamos: o Saeb, o Enem e o Enade. Além disso, enfatizamos que o Enem, por ser aplicado ao final do Ensino Médio, constitui-se em uma importante fonte de dados sobre os alunos ao afinal desta etapa escolar. Mostramos ainda os fundamentos da Teoria Clássica dos Testes(TCT) e da Teoria de Resposta ao Item(TRI) e finalizamos destacando que inicialmente o Enem usava apenas a TCT no cálculo das notas dos alunos, mas que desde 2009 passou a utilizar o modelo de três parâmetros da TRI. A seguir, mostramos a metodologia adotada e como utilizamos os dados do Enem 2019 para a realização da nossa pesquisa.

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Esta pesquisa empregou métodos mistos, pois foram utilizadas ferramentas e técnicas estatísticas para analisar e comparar os resultados dos alunos no Enem, utilizando microdados disponibilizados pelo Inep. Além disso, foi realizada uma análise qualitativa através de uma investigação observatória e interpretativa do desempenho dos alunos de Santarém que realizaram a Prova de Ciências da Natureza do Enem 2019. Nessa análise, foram examinadas as respostas dos alunos aos itens de Física da prova.

Dentre as ferramentas utilizadas durante as análises quantitativas da pesquisa, destacamos o *software* RStudio (RSTUDIO TEAM, 2020), usado durante o processo de extração e análise dos microdados do Enem 2019. Nesta ferramenta, também foram programados os devidos “filtros”, utilizando a linguagem R (R CORE TEAM, 2022), buscando separar os dados referentes aos discentes da cidade de Santarém, além de outros filtros visando fazer uma interpretação estatística dos dados encontrados.

O R é uma linguagem de programação de computadores usada para manipulação de dados estatísticos e gráficos. É amplamente utilizada por estatísticos e mineradores de dados para o desenvolvimento de *software* estatístico e análise de dados (R CORE TEAM, 2022; SOUSA, 2019).

Gatti (2012) esclarece que as metodologias quantitativa e qualitativa se diferenciam e ambas possuem seu valor a ser agregado na pesquisa. Para a autora, cabe ao pesquisador definir que tipo de resultado está procurando e quais hipóteses guiarão sua pesquisa. Para isso é necessário que os dados obtidos façam parte de um contexto, onde há uma aquisição esclarecida e crítica do conteúdo a ser discutido (GATTI, 2012).

Nas subseções seguintes, detalhamos todos os procedimentos metodológicos executados durante a realização desta pesquisa.

3.1 Coleta de Dados

No site do Inep, existe uma página onde são disponibilizados os microdados de todas as avaliações e censos realizados por aquele instituto. Segundo descrito na própria página do Inep¹ estes microdados se constituem no menor nível de desagregação de dados recolhidos por suas pesquisas estatísticas, avaliações e exames.

Tais dados são disponíveis gratuitamente para *download* e junto com estes também são fornecidos alguns *inputs* (canais de entradas) para a leitura destes por meio de *softwares* específicos, tais como o SAS e o SPSS. É importante destacar que tais *inputs* (*scripts*) podem ser encontrados na pasta *Input* (ver a estrutura da pasta dos Dados do Enem 2029 no Quadro 2). Contudo, são *scripts* que servem mais como modelos, pois executam buscas mais simples. Todavia, para uma pesquisa mais aprofundada - e realizando análises usando a TCT e a TRI, como fizemos nesta pesquisa - faz-se necessário a criação de outros códigos, com *inputs* mais específicos (os códigos que utilizamos nesta pesquisa estão disponíveis no Apêndice A).

Dentre estes microdados supracitados, estão disponíveis os dados de todas as edições do Exame Nacional do Ensino Médio. Sendo que para esta pesquisa fizemos o *download* apenas dos dados referentes à edição de 2019 do referido exame, uma vez que pretendíamos avaliar apenas a última edição e, quando iniciamos a pesquisa, estes eram os microdados mais recentes, disponíveis no referido *site*.

Os dados vieram compactados no formato de compressão “.zip” e, após o *download*, fizemos uso de um software de descompactação para ter acesso às cinco pastas que vieram no arquivo compactado, conforme mostrado no Quadro 2. Essas pastas estavam organizadas da seguinte maneira:

- Na pasta “Dados”, foi possível ter acesso ao arquivo com os microdados e um arquivo com informações sobre cada item da prova;
- Na pasta “Dicionário”, foi possível encontrar uma planilha com as variáveis referentes a cada coluna dos dados e uma descrição de cada uma dessas variáveis;

¹ Microdados do INEP <https://www.gov.br/inep/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/microdados>. Acesso em: 01 Jan 2021.

- A pasta “Input” trouxe alguns códigos para leitura dos dados, conforme mencionado anteriormente;
- Na pasta “Leia-me e Documentos Técnicos”, foi possível encontrar o edital do referido processo seletivo, a matriz de referência, o manual de redação, entre outros documentos; e
- Na pasta “Provas e Gabaritos”, foi possível ter acesso aos cadernos de provas identificados pela cor e dia da aplicação e também aos gabaritos oficiais dessas provas.

Quadro 2. Estrutura das pastas e arquivos dos Microdados do Enem 2019, após a descompactação do arquivo “.zip” obtido no site do Inep

PASTAS	5 Pastas
	Dados
	Dicionário
	Leia-me e Documentos Técnicos
	Inputs
	Provas e Gabaritos

Fonte: Brasil (2019c).

Na pasta “DADOS”, tivemos acesso ao arquivo “MICRODADOS_Enem_2019”. Este arquivo veio em formato “.csv”(acrônimo de “Comma-Separated Values” em inglês, que significa “Valores Separados por Vírgula” em português) e contém os microdados referentes a todos os alunos do Brasil que prestaram o Enem no ano de 2019.

3.2 Extração dos dados

Fazendo o uso do software *RStudio*, foi criado um filtro para selecionar apenas os dados dos alunos da cidade de Santarém, onde constaram 15.736 alunos, incluindo os alunos presentes e ausentes. É importante destacar que dentro da pasta “Dicionário” encontramos uma planilha eletrônica chamada de “Dicionário_Microdados_Enem_2019” e nesta contém um dicionário de todas as variáveis contidas nos microdados (ver Figura 2). Este dicionário auxilia tanto na criação de filtros no *RStudio*, quanto na utilização de planilhas eletrônicas.

Usando as variáveis mostradas na Figura 2 foi possível filtrar a quantidade de candidatos presentes e ausentes no dia da prova. E assim, verificamos que o

total de presentes foi de 11.624 e 4.112 não compareceram para realizar o teste (ver Quadro 3). É importante observar que nesta pesquisa preferimos considerar todos os candidatos presentes, mesmo os que haviam concluído o ensino médio em anos anteriores. Também consideramos somente os candidatos residentes na cidade de Santarém-PA, Brasil. Obviamente, seria importante se posteriormente outras pesquisas fossem realizadas levando em consideração outros recortes, como a data de conclusão, faixa etária, tipo de escola, localidade que cursou o ensino médio (se na zona rural ou urbana), escolaridade dos pais e etc. Enfim, é possível explorar estes dados de diferentes formas, mas não seria possível esgotar todas estas possibilidades dentro desta pesquisa.

Quadro 3. Quantitativo dos alunos de Santarém presentes e ausentes no Enem 2019

ALUNOS PRESENTES/AUSENTES*	QUANTIDADE
Alunos presentes	11.624
Alunos ausentes	4.112
Total de inscritos	15.736

Fonte: O Autor(2021)

Nota: *Este valor é referente aos alunos que residiam na cidade de Santarém-PA e realizaram a prova de Física, do Enem 2019, na referida cidade

Convém destacar, que desde o ano 2009, o Enem é composto por quatro tipos provas objetivas - referente à aplicação regular - sendo que cada uma é identificada por uma cor específica. Na verdade, cada tipo de prova contém as mesmas questões, porém, em ordens diferentes. Além destas quatro provas regulares (que continham as questões de CN), constatamos que havia mais seis (6) tipos de provas, sendo uma referente à prova aplicada às pessoas com deficiência visual, outra referente à vídeo-prova em Libras (aplicada às pessoas surdas ou com deficiência auditiva usuárias da língua) e as demais, referentes a reaplicações realizadas no decorrer daquele certame. Sendo que, após analisarmos os dados, constatamos que havia então “5 tipos de provas” com questões referente à CN: as 4 provas da aplicação regular - de cores azul, amarela, cinza e rosa - e uma especial.

Ao analisarmos os microdados, percebemos que todas as respostas referentes aos 45 itens de Ciência da Natureza, vieram em uma única variável chamada de “TX_RESPOSTAS_CN”. Ou seja, para cada aluno, temos um vetor com as 45 respostas, em uma única variável. Dessa maneira tivemos que recodificá-la de forma

que passamos a ter 45 variáveis, para que então pudéssemos trabalhar com cada item e filtrá-los buscando apenas os itens de Física.

O próximo passo seria filtrar apenas os dados referentes às questões de Física, conforme definido nos objetivos deste trabalho. Todavia, as questões de Física ficam no caderno de prova de “Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CN)” e junto com estas também estão as questões de Química e Biologia (totalizando 45 itens, conforme destacamos anteriormente).

Vale ressaltar que, nesta pesquisa, consideramos os itens de Física como sendo aqueles que faziam parte da prova de CN e que abordavam sobre conteúdos de Física ou demandavam por conhecimentos na área de Física para solucioná-los, tendo por base a Matriz de Referência² que foi obtida juntamente com os Microdados do Enem e que pode ser visualizada no Anexo A.

Com base nessas informações, realizamos o agrupamento dos itens referentes à Física em uma sequência. Entretanto, como eles estavam distribuídos aleatoriamente nas diferentes provas, foi necessário reordená-los para que estivessem na mesma ordem, considerando que não possuíam a mesma numeração nos diferentes tipos de prova (classificados por cores). Por exemplo, o item 92 da prova azul correspondia ao item 95 da prova amarela e ao item 134 da prova cinza. Para solucionar esse problema, criamos um sistema de ordenação padronizado que permitiu a organização dos itens em uma mesma ordem.

Essa reorganização foi realizada com o objetivo de viabilizar a análise do conjunto de dados referente a todas as provas dos alunos que realizaram a prova de Física em Santarém. Com isso, tornou-se possível trabalhar com os dados das cinco provas, considerando o mesmo gabarito para todas, já que estavam com o mesmo ordenamento. No Quadro 4, é possível visualizar a distribuição e enumeração dos itens de acordo com as cores das provas.

² A Matriz de Referência foi obtida juntamente com os Microdados e estava localizada dentro da pasta “Leia-me e Documentos Técnicos” mostrada no Quadro 2

Figura 2. Parte do dicionário de variáveis referentes aos microdados do Enem 2019

DICIONÁRIO DE VARIÁVEIS - ENEM 2019					
NOME DA VARIÁVEL	Descrição	Variáveis Categóricas		Tamanho	Tipo
		Categoria	Descrição		
DADOS DO PARTICIPANTE					
NU_INSCRICAO	Número de inscrição ¹			12	Númerica
NU_ANO	Ano do Enem			4	Númerica
CO_MUNICIPIO_RESIDENCIA	Código do município de residência			7	Númerica
	1º dígito: Região				
	1º e 2º dígitos: UF				
	3º, 4º, 5º e 6º dígitos: Município				
	7º dígito: dígito verificador				
NO_MUNICIPIO_RESIDENCIA	Nome do município de residência			150	Alfanúmerica
CO_UF_RESIDENCIA	Código da Unidade da Federação de residência			2	Númerica
SG_UF_RESIDENCIA	Sigla da Unidade da Federação de residência			2	Alfanúmerica
NU_IDADE	Idade ²			3	Númerica
TP_SEXO	Sexo	M	Masculino	1	Alfanúmerica
		F	Feminino		
TP_ESTADO_CIVIL	Estado Civil	0	Não informado	1	Númerica
		1	Solteiro(a)		
		2	Casado(a)/Mora com companheiro(a)		
		3	Divorciado(a)/Desquitado(a)/Separado(a)		
		4	Viúvo(a)		
TP_COR_RACA	Cor/raça	0	Não declarado	1	Númerica
		1	Branca		
		2	Preta		
		3	Parda		
		4	Amarela		
		5	Indígena		

Fonte: Brasil (2019c).

Nota: O dicionário completo pode ser encontrado dentro da pasta de microdados, conforme mostramos na Seção 3.1.

Quadro 4. Distribuição e numeração dos itens das provas do Enem 2019, identificados pela cor da prova e com seus respectivos códigos (número entre parênteses localizado ao lado da cor)

Item	CORES DAS PROVAS, COM SEUS RESPECTIVOS CÓDIGOS.				
	AZUL (503)	AMARELA (504)	CINZA (505)	ROSA (506)	VERDE - LIBRAS(523)
Q1	92	95	134	98	134
Q2	94	124	100	131	100
Q3	98	103	130	92	130
Q4	102	122	112	107	112
Q5	106	117	116	123	116
Q6	109	120	122	111	122
Q7	111	107	118	113	118
Q8	113	109	126	115	126
Q9	117	113	124	119	124
Q10	119	100	109	95	109
Q11	121	97	106	128	106
Q12	126	91	103	100	103
Q13	131	135	97	105	97
Q14	132	129	91	124	91
Q15	135	132	94	127	94

Fonte: O Autor(2021)

Nota: Este código numérico, localizado ao lado da cor, é a identificação da cor da prova, utilizada nos microdados do Enem fornecidos pelo Inep

Uma vez que os itens dos cinco cadernos de prova estavam organizados, foi possível criar uma nova planilha eletrônica referente às respostas dos 11.624 alunos que realizaram prova de Física. Para facilitar a leitura dos dados no *software RStudio* decidimos colocar os 15 itens em colunas (indo de Q1 a Q15³) e as respostas referente à cada aluno ficaram dispostas em linhas (indo de A1 a A11624⁴). Além disso, colocamos o gabarito fornecido pelo Inep, junto com os microdados, na segunda linha. Dessa forma, todos os dados que precisávamos trabalhar no RStudio estavam devidamente ordenados e prontos para a importação (Ver Quadro 5).

3.3 Software e pacotes utilizados na análise dos dados

Conforme abordamos anteriormente, para analisar os dados, decidimos usar a linguagem R (R CORE TEAM, 2022), por meio do ambiente de desenvolvimento integrado IDE⁵ Rstudio. Bittencourt, Barros e Albino (2019) destacam que a linguagem R possui uma enorme quantidade de procedimentos estatísticos em pacotes disponíveis

³ Onde o “Q” se refere à questão(item) e o número de 1 a 15 é referente à cada um dos itens de Física

⁴ Onde, o “A” se refere ao aluno e os números de 1 a 11624 fazem referência à cada um dos alunos que realizaram a prova do Enem 2019 na cidade de Santarém-Pa

⁵ do inglês “integrated development environment - IDE”

Quadro 5. Planilha de dados organizados com as respostas referentes a todos os alunos de Santarém que fizeram a prova de Física no Enem 2019 e com o gabarito oficial fornecido pelo Inep

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
Gabarito	A	C	E	B	D	B	A	A	C	B	B	B	B	D	C
A1	D	D	D	C	A	E	A	E	A	D	C	C	D	C	D
A2	E	D	C	C	E	C	A	E	D	B	E	E	D	D	C
A3	E	B	D	E	A	B	B	D	C	D	B	E	B	E	B
A4	B	E	E	C	C	A	E	B	C	A	B	C	B	B	B
A5	E	D	D	E	A	B	C	A	C	B	C	D	B	A	B
A6	E	C	E	C	C	E	E	D	B	B	C	A	C	E	B
A7	E	B	D	A	A	E	A	E	A	C	B	E	D	A	C
A8	E	C	E	D	A	B	D	C	D	D	D	D	D	B	C
A9	A	E	E	C	C	B	B	E	B	D	A	B	C	E	B
A10	E	E	E	E	D	B	B	A	E	D	A	E	A	C	A
A11	C	D	D	C	B	E	A	B	A	A	C	B	D	D	A
A12	E	D	B	A	D	A	B	D	A	E	D	C	A	A	A
A13	D	D	D	A	E	E	C	A	C	D	C	D	B	B	E
A14	C	D	E	E	B	D	D	C	D	B	B	E	E	A	D
A15	E	D	D	E	D	D	C	D	E	D	E	E	D	D	E
A16	D	C	D	C	D	D	D	B	C	A	B	B	B	C	C
A17	E	D	D	E	C	C	E	A	E	A	A	A	C	E	B
A18	A	C	E	C	B	A	B	A	E	A	B	D	E	B	D
A19	E	C	D	D	D	C	B	C	A	B	A	D	E	C	C
A20	E	D	D	C	C	B	C	B	A	A	E	E	D	B	D
A21	A	D	E	B	B	E	E	A	C	A	C	C	C	A	C
A22	B	A	C	D	E	D	B	D	E	D	A	C	B	D	A
A23	E	C	D	C	C	B	B	D	D	A	B	C	C	D	A
A24	E	D	E	C	B	B	B	D	D	C	E	B	B	B	D
A25	E	C	D	B	D	E	C	A	C	B	B	C	D	A	B
A26	E	A	E	B	B	D	A	E	A	B	B	B	E	C	C
A27	E	B	C	C	C	D	C	D	B	B	C	D	A	C	C
A28	C	E	E	A	A	B	B	A	B	D	A	E	D	E	B
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Fonte: O Autor(2021)

livremente na internet e que podem ser utilizados. Além disso, os autores enfatizam que existe uma grande variedade de interfaces que podem ser utilizadas. Ademais, outra vantagem dessa linguagem é que ela já possui uma enorme base de usuários e isso resulta em uma grande quantidade de informações disponíveis na internet, o que facilita a aprendizagem de utilização da mesma.

Nesta pesquisa, optamos por utilizar o ambiente integrado de desenvolvimento *RStudio* (RSTUDIO TEAM, 2020), que é específico para a linguagem de programação R e oferece diversas vantagens para análise de dados e criação de visualizações. Entre as vantagens oferecidas pelo *RStudio*, destacam-se:

- Interface intuitiva: tem uma interface de usuário intuitiva e fácil de usar, tornando mais simples a realização de tarefas comuns em R;
- Gerenciamento de pacotes: facilita o gerenciamento de pacotes, permitindo a instalação, atualização e remoção de pacotes com apenas alguns cliques.

- *Debugging*: tem recursos robustos de depuração, permitindo identificar e corrigir erros de programação de forma mais rápida e eficiente.

Além da IDE supracitada, utilizamos ainda dois pacotes desenvolvidos em R, com vistas à análise de dados no campo da Psicometria: 1) O *Package for Personality, Psychometric, and Psychological Research Description - Psych* (REVELLE, 2022), para análise via TCT, e o; 2) *Latent Trait Models for Item Response Theory Analyses - Ltm* (RIZOPOULOS, 2006), para análise via TRI.

O *Psych* é um pacote que possui funções voltadas para a teoria psicométrica, com funções para análise fatorial e diversos índices. Ele oferece uma ampla variedade de funções para tarefas comuns em psicometria, incluindo análise de componentes principais, análise fatorial, análise de cluster, entre outras. Além disso, o pacote também possui uma série de funções para visualização de dados, facilitando a interpretação dos resultados. (REVELLE, 2022).

Por sua vez, o pacote *Ltm* fornece recursos para análise de dados dicotômicos utilizando modelos de traços latentes sob a abordagem de TRI. Além disso, o pacote inclui funções para análise do modelo Rasch, modelo Logístico de 2 Parâmetros e modelo de 3 parâmetros (RIZOPOULOS, 2022).

Além destes dois pacotes supracitados, com foco na análise de dados psicométricos, também utilizamos outros pacotes durante o tratamento dos dados, entre os quais estão: 1) *ggplot2* (WICKHAM, 2016) – para a criação de gráficos; 2) *readxl* (WICKHAM; BRYAN, 2022) – para leituras de planilhas eletrônicas nos formatos de arquivos “.xlsx” ou “.xls”;

Após a instalação do *RStudio* e a devida configuração dos pacotes citados anteriormente, o ambiente estava pronto para darmos início à análise dos dados. Nas subseções seguintes destacamos os procedimentos realizados durante esta análise.

3.4 Dicotomização dos dados e proporção de erros e acertos

Inicialmente fizemos a importação dos dados (mostrados no Quadro 5) para o *RStudio* e fizemos a separação entre as respostas dos alunos e o gabarito, gerando dois *data frames*, um para cada tipo de dado. A partir disso, foi feita a dicotomização

dos dados, atribuindo 1 para as questões que o aluno acertou e 0 para as questões que o discente errou.

Após a dicotomização dos dados, por meio da função *descript()* do pacote LTM foi possível verificar a proporção de erro e acertos para cada questão. Ferreira (2018) enfatiza que estas informações são relevantes para a TCT, uma vez que ela se baseia no *escore* bruto de cada indivíduo. Ou seja, por esta teoria, o resultado é obtido apenas comparando a quantidade de itens respondidos corretamente por cada indivíduo. Sendo assim, a habilidade dos indivíduos é estimada pelo número de acertos, sendo X o *escore* observável obtido por cada estudante participante do teste.

3.5 Correlação ponto-bisserial

Por meio da função *descript()* mencionada, também analisamos a correlação ponto-bisserial (r_{pb}) para os itens. De acordo com Ferreira (2018), esse dado é importante, pois o coeficiente de correlação ponto-bisserial permite verificar o poder de discriminação do item, fazendo uma comparação do *escore* total dos respondentes do teste com o *escore* total dos estudantes que acertaram um item específico.

Conforme Soares (2018a), este coeficiente é uma estatística utilizada na Psicometria Clássica, derivada da Correlação de Pearson, e é amplamente usada para mensurar a associação entre o acerto do item e a nota do teste. Por sua vez, Vizzotto (2022) define o coeficiente como:

Coeficiente de correlação bisserial: verifica se aquelas pessoas que obtiveram um desempenho satisfatório no teste, tenderam a assinalar as alternativas corretas dos itens. O cálculo desse indicador acontece através de uma análise de correlação entre o *escore* das pessoas e a taxa de escolha de cada alternativa. Espera-se que o valor de correlação seja positivo para a alternativa correta e negativo para todas as outras alternativas erradas (também chamadas “distratores”). Esse coeficientes tem potencial de identificar itens com problemas em sua formulação ou com erros no gabarito, pois se a correlação for negativa para a alternativa correta, pode sugerir que o item teve mais acertos vindos de pessoas com baixo desempenho. Ao mesmo tempo, se algum distrator tiver correlação positiva, sinaliza que, por alguma razão, tal alternativa está atraindo mais o grupo de pessoas com bom desempenho (VIZZOTTO, 2022, p. 6)

O valor da correlação ponto-bisserial (r_{pb}) varia no intervalo de $[-1, 1]$, sendo que valores negativos ou próximo a zero indicam que estudantes com um bom de-

sempenho total no teste estão dando respostas incorretas para este determinado item. Logo, pode-se interpretar que este item pode não estar exercendo o seu papel de fazer a distinção entre alunos com maior habilidade dos alunos com baixa habilidade (FERREIRA, 2018).

Sousa (2019), ao avaliar os resultados do Enem de 2017 a partir da TCT e TRI, considerou como discriminativos apenas os itens com valor de correlação ponto-bisserial maior que 0,20. Sendo assim, nesta fase de análise, decidimos considerar também apenas os itens com valores superiores a este.

3.6 Coeficiente Alpha de Cronbach

Ainda usando a função *descript()* do pacote LTM foi possível estimar o coeficiente *Alpha de Cronbach* (α) com o objetivo de verificar a consistência interna do teste, levando em conta os 15 itens de Física que os estudantes de Santarém responderam ao realizarem o Enem 2019.

Este coeficiente, que recebeu esse nome por ter sido introduzido por Lee J. Cronbach, em 1951, mede a correlação entre as respostas obtidas em um teste, fazendo uso das respostas dadas pelos participantes do exame e apresentando uma correlação média entre as perguntas. Por este motivo, esse teste tem sido usado para mensurar a consistência interna de instrumentos de medida (SOARES, 2018b). Sobre este coeficiente, Vizzotto (2022) assim define:

Coeficiente Alfa de Cronbach: é uma medida de confiabilidade do teste. Relaciona a correlação entre cada item e a prova toda, ou seja, o quanto cada questão contribui para a prova, de modo geral. A sua premissa considera que os itens de uma prova são formas paralelas de se mensurar o conhecimento que se deseja medir (VIZZOTTO, 2022, p. 05).

Soares, Soares e Santos (2021) esclarecem que a confiabilidade de um teste pode ser interpretada como a capacidade desse teste reproduzir resultados semelhantes, quando aplicado por pesquisadores distintos e em momentos distintos. Sendo assim, para estes autores, este pode ser considerado como um dos principais instrumentos para avaliar a qualidade de um teste. Dessa forma, os autores destacam que “a confiabilidade apresenta aspectos que permitem avaliar a consistência interna, a coerência e a precisão do teste” (SOARES; SOARES; SANTOS, 2021, p. 10).

Sousa (2019) explica que índices pautados na fidelidade de um teste (como o *Alpha de Cronbach*) partem do pressuposto de que itens que possuem alta consistência interna “apresentam grande parte da variância compartilhada, dessa forma, indica a presença de um único fator sendo medido por esses itens” (SOUSA, 2019, p. 42)

Segundo Soares, Soares e Santos (2021) o coeficiente *Alpha de Cronbach* é um dos indicadores de confiabilidade mais utilizados na literatura e embora sua interpretação seja subjetiva, são esperados valores entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1 mais confiável é o teste.

Freitas e Rodrigues (2005) sugerem a classificação da confiabilidade do coeficiente *Alpha de Cronbach* de acordo com os limites mostrados no Quadro 6.

Quadro 6. Classificação da confiabilidade a partir do coeficiente (α) de Cronbach

Confiabilidade	Valor de α
Muito Baixa	$\alpha < 0,30$
Baixa	$0,30 < \alpha \leq 0,60$
Moderada	$0,60 < \alpha \leq 0,75$
Alta	$0,75 < \alpha \leq 0,90$
Muito Alta	$\alpha > 0,90$

Fonte: Adaptado de Freitas e Rodrigues (2005)

3.7 Análise dos dados usando os três modelos logísticos da TRI: ML1, ML2 e ML3

Na Subseção 2.2.3, destacamos os três modelos logísticos da TRI que são mais utilizados atualmente. E, visando ver a diferença de cada modelo na análise dos nossos dados, decidimos fazer uma análise utilizando os três modelos, para que depois fosse possível comparar o resultado obtido em cada um deles.

O modelo ML1, também chamado de modelo *Rasch*, “considera que todos os itens têm o mesmo poder de discriminação o que, em prova, não é verdade” (QUARESMA, 2014, p. 38). E foi por este motivo, que Lord (1952) passou a aprimorar este modelo, uma vez que ele achava que o ML1 tinha uma limitação, o que fez com que surgisse o modelo de dois parâmetros (ML2), posteriormente aprimorado com o uso da função logística (COIMBRA, 2018; BIRNBAUM, 1957; LORD, 1952)

Apesar de conhecermos esta limitação do ML1, analisamos os itens neste modelo para que pudéssemos comparar os resultados com os achados nos outros dois modelos logísticos. Logo após, ainda usando o pacote LTM, foi feita a análise dos dados por meio do modelo logístico ML2. Este modelo considera dois parâmetros: a *discriminação* e a *dificuldade*.

O parâmetro de *dificuldade*, representado pela letra ‘*b*’, “mostra a habilidade mínima que um indivíduo precisa para ter uma grande probabilidade de acertar o item” (FERREIRA, 2018, p. 30). Sendo assim, Ferreira (2018) esclarece, que quanto maior for o valor do parâmetro “dificuldade”, maior deve ser o nível de dificuldade do item e maior deve ser a habilidade do indivíduo responder corretamente este item.

Ferreira (2018), explica também, que o parâmetro de “discriminação”, representado pela letra “*a*”, mostra a aptidão do item e distingue indivíduos com proficiências diferentes. É este valor que corresponde à curva no gráfico da Curva Característica do Item (CCI). Sendo assim, Ferreira (2018) destaca que curvas mais inclinadas mostram um maior poder de discriminação, enquanto as curvas mais suaves indicam um menor poder discriminativo do item.

Andrade, Tavares e Valle (2000) explicam que na TRI o parâmetro de *dificuldade* (*b*) e o de *discriminação* (*a*), teoricamente, podem assumir qualquer valor real entre $-\infty$ e $+\infty$. Contudo, estes autores explicam, que não é esperado que o parâmetro da dificuldade receba valor negativo. Por sua vez, o valor de *b*, usualmente varia em -4 e 4 (FERREIRA, 2018). Porém, Tavares (2014) explica que este limite de *b* pode ser ajustado pelo pesquisador. Isso pode ser feito, quando este limite de -4 e 4 não for suficiente para os dados pesquisados.

Apesar dos valores de *a* poderem variar entre o infinito negativo e o infinito positivo, espera-se que a discriminação seja sempre positiva e não muito próxima de zero, pois mostraria que a probabilidade de acerto do item seria a mesma para indivíduos com proficiências diferentes e isso caracteriza um baixo poder de discriminação (FERREIRA, 2018, p.29).

Em seguida, também foi feita uma análise dos dados, usando o modelo de três parâmetros, o ML3. Neste, foi possível observar também o *índice de acerto ao acaso*, representado pela letra “*c*” no modelo matemático, conforme demonstrado na Subseção 2.2.3.

Este parâmetro de acerto ao acaso é referente à probabilidade de um indivíduo acertar um item, mesmo quando não tem a aptidão suficiente. O mesmo pode variar de 0 a 1, sendo que quanto maior é o seu valor, maior é a probabilidade dos participantes do teste acertarem o item ao acaso (FERNÁNDEZ *et al.*, 1990).

Sousa (2019) explica que este parâmetro pode ser interpretado diretamente e o seu valor indica a probabilidade de acerto ao acaso de determinado item para todos os níveis de habilidade. “Por exemplo, um item com o parâmetro de acerto ao acaso de $c=0,10$ indica uma probabilidade de 10% de acertar o item casualmente” (SOUSA, 2019, p. 50).

3.8 Análise gráfica dos itens (AGI)

A técnica de AGI foi desenvolvida por Theo A. Van Batenburg e Jacob A. Laros e se baseia nos pressupostos de que os elaboradores dos itens devem ter um bom conhecimento do conteúdo ensinado e seus objetivos (RODRIGUES, 2006; BRAGA, 2018). Rodrigues (2006) esclarece que a construção de bons itens não é uma tarefa fácil, uma vez que o item precisa ter somente uma resposta correta, sem que haja discussão a este respeito. Por sua vez, as alternativas propostas precisam ser atrativas, porém não podem ser confusas (RODRIGUES, 2006).

Rodrigues (2006) esclarece que esta técnica parte de dois pressupostos: 1) que um aluno que responde um item corretamente, sabe mais que um aluno que escolhe uma alternativa errada; 2) que um aluno que acerta mais itens sabe mais que um aluno que tem menos acertos. Sendo assim, um aluno que acerta todos os itens têm probabilidade 1 (um) de ter marcado a alternativa correta de determinado item. Logo, um aluno que erra todos os itens, tem probabilidade 0 (zero) de ter escolhido a resposta certa para determinado item. Dessa forma, “pode ser esperado que a proporção de acerto ao item aumente de 0 para 1 conforme vai aumentando o escore total. Acredita-se, também, que as alternativas falsas decresçam com o aumento do escore total” (RODRIGUES, 2006, p. 52). Logo, se na alternativa correta a proporção de respostas aumenta rapidamente a medida que o *score* total aumenta, entende-se que o item tem alto poder discriminativo. Se acontece o inverso, o item é considerado com baixo poder discriminativo (RODRIGUES, 2006; BRAGA, 2018; COSTA, 2015).

Braga (2018) enfatiza que a AGI é muito útil para análises complementares da TCT e TRI sobre a qualidade dos itens. Estas análises são importantes, pois conforme explica Silva (2019c), tanto na TCT quanto na TRI o que se espera é que os itens de um teste sejam respondidos corretamente por grupos de indivíduos com maiores desempenhos. Contudo, conforme o autor destaca, isso nem sempre acontece. Isso porque, por vezes, grupos de alunos de baixa proficiência acabam respondendo corretamente determinado item, enquanto que grupos com maior proficiência erram o mesmo item. Para Silva (2019c) isso pode acontecer devido à má elaboração dos itens ou à probabilidade de acerto ao acaso.

3.9 Análise Fatorial

A Análise Fatorial está embasada no pressuposto de que “uma série de variáveis observáveis pode ser explicada por um número menor de variáveis hipotéticas, não-observáveis, chamadas de fatores” (RODRIGUES, 2006, p. 53). Sendo assim, Rodrigues (2006) explica que estas variáveis hipotéticas seriam a causa para que então as variáveis observáveis se relacionem entre si. E então, pode-se supor que as variáveis se relacionam entre si devido ao fato de possuírem uma causa comum e esta causa é o que se denomina de “fator” e sobre este que se estuda na Análise Fatorial (RODRIGUES, 2006).

Rodrigues (2006) explica que:

A relação entre cada item e o fator é expressa por meio da covariância ou correlação e é denominada carga fatorial. Esta mostra o grau com que cada item contribui para a mensuração do fator único. Itens que têm cargas mais altas no fator são considerados unidimensionais, pois estão medindo o mesmo fator. (RODRIGUES, 2006, p. 53)

Sendo assim, a fim de avaliar a unidimensionalidade da prova de Física do Enem, uma análise fatorial confirmatória de itens foi realizada. O modelo testado define uma variável latente (Conhecimento de Física) explicando a variância dos 15 itens do Enem.

O estimador *weighted least squares means and variance adjusted* (WLSMV) foi selecionado para a análise fatorial confirmatória, considerando que esse estimador é adequado para dados de natureza dicotômica (LI, 2016).

A fim de avaliar a qualidade do ajuste do modelo, foram inspecionados o *Tucker Lewis Index* (TLI), o *Comparative Fit Index* (CFI), o *Standardized Root Mean Squared Residual* (SRMR) e *Root Mean Square Error of Approximation* (RMSEA). Sendo que, o modelo é rejeitado se o TLI ou CFI for menor que 0.90 ou se o RMSEA for maior 0.08 ou ainda se o SRMR for maior que 0.06 (HU; BENTLER, 1999).

A confiabilidade do modelo foi avaliada por meio do *Alpha de Cronbach* (α), *Ômega de McDonald* (ω) e confiabilidade composta. A variável latente é considerada confiável somente se os valores a esses indicadores forem maiores ou iguais a 0.60 (CRONBACH, 1951; GOMES; GOLINO; PERES, 2020; MCDONALD, 2013; VALENTINI *et al.*, 2015).

É importante observar que o *Alpha de Cronbach* é o índice mais utilizado. Contudo, há muitos estudos psicométricos recentes que tem recomendado o uso de índices alternativos, pois o α assume que as cargas fatoriais são equivalentes (pressuposto da tau-equivalência) em seu cálculo, contudo, esse pressuposto é irreal e é dificilmente atendido. Por esse motivo foi realizado o cálculo do *Ômega de McDonald* e da confiabilidade composta, que são alternativas melhores para avaliação da confiabilidade, conforme destacam McNeish (2018) e Flora (2020).

Cumprе destacar, que todas estas análises estatísticas foram realizadas utilizando a linguagem R (CORE TEAM, 2022). E, a análise fatorial confirmatória de itens foi realizada com o pacote *lavaan* v. 0.6.12 (ROSSEEL, 2012) e o pacote *semTools* v. 0.5.6 (JORGENSEN *et al.*, 2022) foi usado para avaliar a confiabilidade da variável latente do modelo.

Neste capítulo, mostramos todos os passos que realizamos para a execução desta pesquisa. Iniciamos mostrando como obtivemos os dados do Enem 2019 (Seção 3.1), bem como todos os passos que realizamos para extrair os dados desejados, a fim de filtrarmos somente os dados referentes aos alunos que fizeram a prova de Física, na edição do Enem de 2019, e que residiam em Santarém, conforme mostramos na Seção 3.2. Em seguida destacamos que utilizamos o *software RStudio*, com a linguagem R e alguns pacotes específicos para análise via TRI e TCT (ver Seção 3.3) e logo após enfatizamos sobre alguns conceitos da TCT e da TRI que foram de grande importância durante a fase de análise dos dados, visando alcançarmos os objetivos desta pesquisa.

Dentre os vários métodos existentes na TCT e da TRI, destacamos sobre a Correlação Ponto-bisserial (Seção 3.5), o Coeficiente *Alpha de Cronbach* (Seção 3.6) e demos ênfase aos três modelos logísticos da TRI (Seção 3.7) que utilizamos para análise dos dados. Por fim, destacamos os principais fundamentos da Análise Gráfica do Item (Seção 3.8) e da Análise Fatorial (Seção 3.9). No próximo capítulo, mostramos os resultados que obtivemos após a execução de todos estes procedimentos descritos acima.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a coleta, extração e leitura dos dados, foram feitas algumas análises estatísticas, usando os pacotes *Psych* e *LTM*, no *software RStudio*, com o objetivo de interpretar estes dados usando a Teoria Clássica dos Testes e a Teoria de Resposta ao Item, conforme mostramos nas subseções seguintes.

4.1 Análise empírica dos dados, usando o RStudio

A análise empírica dos itens foi realizada utilizando análises estatísticas e para isso usamos o *RStudio* com os pacotes mencionados na Seção 3.3. Nesta fase, foram avaliados vários parâmetros que os itens devem possuir para se apresentarem como tarefas adequadas para atender aos objetivos do teste, medindo corretamente o que se propõe a medir (RODRIGUES, 2006; PASQUALI, 2017).

4.1.1 Proporção de erros e acertos

Ao analisar os itens segundo a TCT, entende-se que quanto mais sujeitos acertam determinado item, então mais fácil ele é. Isto porque, por esta teoria, a dificuldade dos itens pode ser definida pela proporção de sujeitos que responderam corretamente a estes itens (SOUSA, 2019; PASQUALI, 2009).

Ao analisarmos a proporção de erros e acertos, referente aos 15 itens de Física do Enem 2019, conforme mostrado na Tabela 1, é possível perceber uma baixa proporção de acertos, sendo que quatro destes itens, o que equivale a 26% do conjunto analisado, tiveram uma taxa de erro superior à 80% e apenas dois itens tiveram taxa de acerto superior a 30%.

Levando em consideração a proporção de acerto dos 15 itens (Tabela 1), vemos que a média de acerto em Física, pelos alunos de Santarém, foi de 22,56%. Este percentual é baixo, mas é importante destacar que outras pesquisas, que também analisaram itens de edições do Enem, apontam para a baixa porcentagem de acerto nos itens de Física. Rubini (2019), por exemplo, em sua tese, calculou a média de acertos em Física, nas edições do Enem de 2009 a 2017 e conforme se vê na Tabela 2 o percentual encontrado pelo pesquisador também foi baixo, tendo uma média (entre todos estes anos) de 27,5%. Nesta tabela, é possível ver ainda que no ano de 2013, a

Tabela 1. Proporção de erros e acertos dos alunos de Santarém referente aos 15 itens de Física do Enem de 2019

ITEM	PERCENTUAL DE ERRO	PERCENTUAL DE ACERTO
Q1	84,97%	15,03%
Q2	77,15%	22,85%
Q3	69,48%	30,52%
Q4	76,70%	23,30%
Q5	86,32%	13,68%
Q6	74,54%	25,46%
Q7	85,68%	14,32%
Q8	77,80%	22,20%
Q9	69,47%	30,53%
Q10	77,60%	22,40%
Q11	71,54%	28,46%
Q12	76,55%	23,45%
Q13	79,00%	21,00%
Q14	82,86%	17,14%
Q15	71,96%	28,04%
Média	77,44%	22,56%

Fonte: O Autor (2022)

média de acerto em Física foi de 21,3% - um percentual menor do que encontramos no Enem de 2019 (Tabela 1). É importante destacar, que estes percentuais de Rubini (2019) foram calculados levando em consideração a média nacional. Já o percentual mostrado nesta pesquisa, leva em conta apenas os participantes que realizaram o Enem 2019 em Santarém-Pa. Portanto, não é possível dizer que o percentual de acertos mostrados nesta pesquisa (para o Enem de 2019) foi menor que a média encontrada por Rubini (2019), uma vez que estamos trabalhando com recortes diferentes. Contudo, estes números mostram que realmente a média de acertos das questões de Física, em geral, tende a ser baixa, tal qual encontramos nesta pesquisa.

Tabela 2. Percentual de acerto por disciplina, referente aos itens de Ciência da Natureza das edições do Enem de 2009 a 2017

Ano / Disciplina	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média Geral
Física	29,3	33,5	25,3	29,5	21,3	24,9	30,4	24,1	28,8	27,5
Química	24,0	23,4	29,2	27,3	23,7	26,0	21,6	24,3	20,4	24,4
Biologia	42,7	38,7	40,5	32,3	32,5	33,3	27,9	30,1	29,9	34,7

Fonte: Rubini (2019) com dados do Inep

Analisando segundo a ótica da TCT foi possível observar que os alunos de Santarém acertaram, em média, 3,38 itens da prova de Física do Enem 2019. Esta análise também mostrou que a variância foi de 3,14 e o desvio padrão foi de 1,77. No

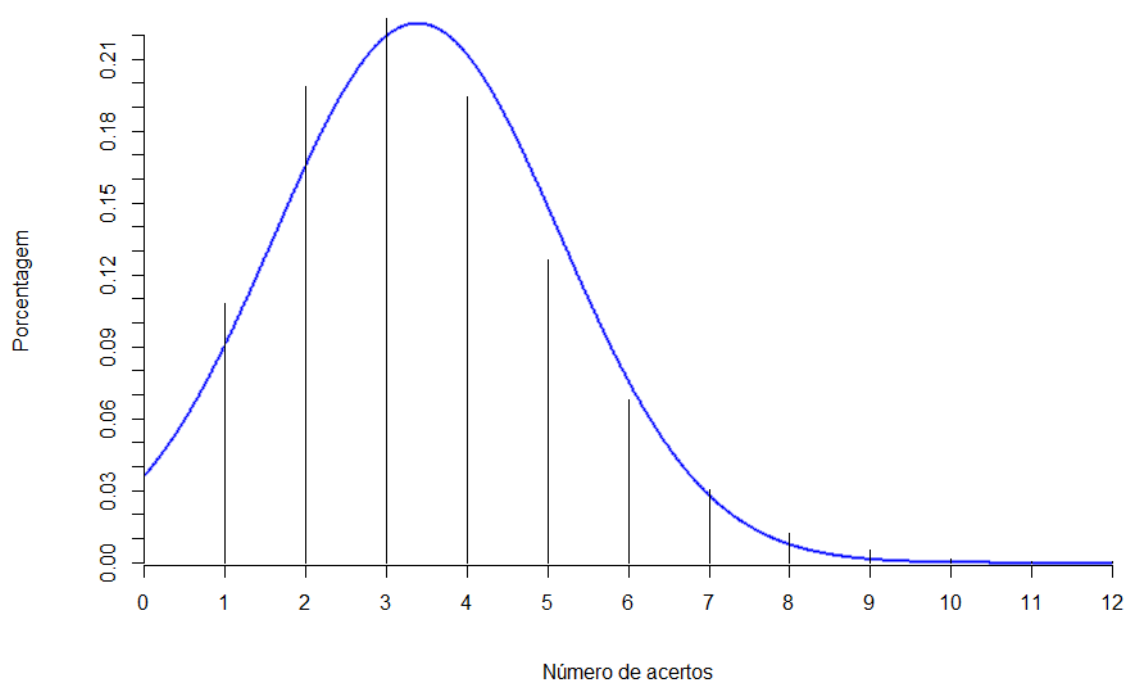
Quadro 7 vê-se o percentual de acertos traduzidos em números absolutos e então podemos observar a frequência da quantidade de acertos. Neste, é possível perceber que dos 11.624 candidatos de Santarém que prestaram a prova do Enem 2019, nenhum acertou os 15 itens de Física e 323 erraram todos os itens. Ainda é possível observar que o maior percentual de acertos está entre 2 e 4 itens, conforme pode ser visualizado no Gráfico 3.

Quadro 7. Frequência da quantidade de acertos dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física do Enem 2019

Frequência total dos scores																
Total de acertos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Frequência	323	1254	2307	2638	2260	1468	791	355	143	62	19	1	3	0	0	0

Fonte: O Autor (2022)

Gráfico 3. Frequência da quantidade de acertos dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física do Enem 2019



Fonte: O Autor (2022)

4.1.2 Análise do coeficiente ponto-bisserial

Ao analisarmos o coeficiente ponto-bisserial referente aos 15 itens de Física, objetos de estudo desta pesquisa, vê-se na Tabela 3, que os valores encontrados ficaram bem mais próximo do zero que do 1. Dos 15 itens, 11 obtiveram coeficientes menores que 0,30, que é o valor mínimo utilizado em vários trabalhos. Porém, como explicamos na Seção 3.5, nesta fase utilizamos o valor mínimo de 0,20. Ainda assim, dois itens (Q5 e Q7) obtiveram coeficientes inferiores ao valor mínimo adotado nesta pesquisa.

É importante frisar, que conforme destacamos na Seção 3.5, de acordo com a literatura, se este coeficiente é negativo ou muito próximo de zero para determinado item, isso pode indicar que aquele item não está exercendo seu papel de fazer a distinção entre os sujeitos. Não por acaso, este coeficiente também é chamado de poder discriminativo do item (PRIMI, 2012).

Portanto, ao analisarmos este coeficiente, era esperado índices maiores, mostrando uma maior correlação entre os itens.

Tabela 3. Correlação ponto-bisserial entre os 15 itens de Física, do Enem 2019, e os escores totais

Item	Correlação ponto-bisserial
Q1	0,2777
Q2	0,3965
Q3	0,4146
Q4	0,2807
Q5	0,1743
Q6	0,3037
Q7	0,1345
Q8	0,2841
Q9	0,2848
Q10	0,3208
Q11	0,2858
Q12	0,2452
Q13	0,2882
Q14	0,2556
Q15	0,2844

Fonte: O Autor (2022)

4.1.3 Análise do coeficiente de Alpha de Cronbach

Ao analisarmos o coeficiente *Alpha de Cronbach* para os 15 itens aqui estudados, conforme vê-se na Tabela 4, o resultado obtido foi de 0,1921 (ver a linha

“todos os itens”). Sendo assim, de acordo com a classificação de Freitas e Rodrigues (2005) mostrada no Quadro 6, é possível perceber que o coeficiente *Alpha de Cronbach* ficou muito abaixo do esperado e, portanto, mostram que o conjunto dos itens possui baixa consistência. Se levarmos em conta o entendimento de Pasquali (2017) que diz que coeficientes abaixo de 0,70 não podem ser aceitos, nenhum dos itens seria aprovado por este quesito. Segundo Pasquali (2017), esta baixa consistência sugere que os itens do teste produzem resultados com elevada variância para a mesma amostra, o que implica no aumento do erro. Sendo assim, se considerarmos este coeficiente, podemos entender que os 15 itens de Física, respondidos pelos alunos, tiveram uma baixa precisão para a população considerada nesta pesquisa (que são todos os estudantes da cidade de Santarém, que realizaram a prova do Enem 2019).

Tabela 4. Coeficiente Alpha de Cronbach referente aos 15 itens do Enem 2019

	Item	Coeficiente
	Todos os itens	0,1921
Excluindo	Q1	0,1724
Excluindo	Q2	0,1286
Excluindo	Q3	0,125
Excluindo	Q4	0,1857
Excluindo	Q5	0,2075
Excluindo	Q6	0,1783
Excluindo	Q7	0,2231
Excluindo	Q8	0,1823
Excluindo	Q9	0,1948
Excluindo	Q10	0,1656
Excluindo	Q11	0,1915
Excluindo	Q12	0,2021
Excluindo	Q13	0,1784
Excluindo	Q14	0,1852
Excluindo	Q15	0,1915

Fonte: O Autor (2020)

Todavia, apesar de Pasquali (2017) estabelecer este limite mínimo de aceitação, a literatura mostra que em pesquisas com dados do Enem, valores menores podem ser encontrados. Podemos citar, por exemplo, Soares (2018a) que encontrou um *Alpha de Cronbach* menor que 0,60 na prova de 2009 do Enem, levando-se em conta a totalidade dos itens.

Além disso, Ferreira (2018) alerta para o fato de que a quantidade de itens afeta diretamente o valor de *Alpha*. Segundo este autor, testes com poucos itens podem gerar um *Alpha* mais baixo. Por outro lado, testes com muitos itens tendem a aumentar

o *Alpha*, mesmo que isso não signifique aumento da consistência interna. Freitas e Rodrigues (2005) também enfatizam que este índice tende a aumentar à medida que mais itens são incluídos, desde que estes itens sejam representativos do mesmo conceito que está sendo medido. Além disso, Freitas e Rodrigues (2005) também explicam que a amostra pode influenciar o *Alpha*, especialmente quando as pessoas submetidas aos testes fazem parte de uma amostra semelhante. Por exemplo, “se na avaliação de um item todas as pessoas da amostra assinalam um valor verdadeiro 5 (considerando uma escala de valores absolutos que varia de 1 a 5), não há variância neste item e, por conseguinte, a confiabilidade calculada terá valor zero” (FREITAS; RODRIGUES, 2005, p. 5).

Portanto, o baixo coeficiente encontrado nesta pesquisa, mostrado na Tabela 4, poderia ser devido à baixa quantidade de itens, uma vez que são apenas 15 itens de Física, ou ainda, devido a uma grande quantidade de alunos ter escolhido a mesma alternativa para determinada questão. Isso foi o que pressupomos após a finalização da análise inicial do *Alpha de Cronbach*. Todavia, posteriormente, fizemos novos testes com uma maior quantidade de itens e, apesar deste coeficiente ter melhorado, ele ainda continuou abaixo do esperado (ver Seção 4.3). Portanto, o mais provável é que a quantidade de alunos escolhendo as mesmas alternativas possa ter influenciado conjuntamente com o total de itens, tornando o *Alpha* mais baixo.

Olhando a Tabela 1, por exemplo, é possível perceber que dos 15 itens analisados nesta pesquisa, 13 tiveram um percentual de erro maior que 70% e, destas, 4 possuem um percentual maior que 82% de erro. Isso mostra, que a grande maioria dos alunos escolheram alternativas erradas e, conforme pode ser visto na Seção 4.5, em muitos dos itens uma expressiva maioria escolheu uma única alternativa como resposta. O que pode representar uma amostra de alunos semelhantes, no que se refere às habilidades necessárias (ou a falta desta) para aquela área do conhecimento.

4.2 Análise exploratória dos itens por meio da TRI

Nesta fase dos testes, fizemos uma análise dos dados para cada um dos modelos da TRI mostrados na Subseção 2.2.3.2. Nos parágrafos seguintes, destacamos os resultados obtidos para cada um destes modelos.

Analisando os dados por meio do modelo logístico ML1, obtivemos a *difficuldade* de cada item da Prova de Física do Enem 2019, conforme mostrado na Tabela 5. Na Tabela 6, temos o resultado da análise dos mesmos dados, utilizando o modelo ML2, onde foi possível analisar a *difficuldade* e a *discriminação* de cada item. Logo em seguida, fizemos novamente outra análise, utilizando os mesmos dados, porém, desta vez recorremos ao modelo ML3 (ver Tabela 7), para então verificarmos o *índice de acerto ao acaso*, a *discriminação* e a *difficuldade*. É importante lembrar que esta diferença de quantidade de índices encontrados em cada modelo está descrita na Subseção 2.2.3.2.

Tabela 5. Dificuldade de cada item, da prova de Física do Enem 2019, calculada usando o modelo logístico ML1

Item	Dificuldade
Q1	1,923
Q2	1,366
Q3	0,931
Q4	1,338
Q5	2,041
Q6	1,209
Q7	1,984
Q8	1,406
Q9	0,931
Q10	1,394
Q11	1,041
Q12	1,329
Q13	1,484
Q14	1,755
Q15	1,064

Fonte: O Autor (2022)

Ao analisar os resultados obtidos utilizando os modelos logísticos ML1, ML2 e ML3 da TRI (mostrados nas tabelas 5, 6 e 7, respectivamente), é possível perceber que, considerando a unidimensionalidade, os dados analisados são pouco discriminativos. Na tabela 8, é possível comparar os resultados obtidos a partir da Teoria Clássica dos Itens e dos três modelos logísticos da TRI. Nesta tabela, é perceptível que os dois itens (Q5 e Q7) que apresentaram baixa consistência, a partir da interpretação do coeficiente de ponto-bisserial (tabela 3), também apresentaram baixos índices de dificuldade e discriminação nas análises feitas usando os modelos logísticos de 2 e 3 parâmetros (ML2 e ML3). Além disso, é possível perceber na mesma tabela que os valores dos índices de dificuldade e discriminação não sofreram uma mudança tão grande para a maioria dos itens entre as análises feitas com o modelo ML2 e ML3. Isso

Tabela 6. Dificuldade e Discriminação de cada item, da prova de Física do Enem 2019, calculados usando o modelo logístico ML2

Item	Dificuldade	Discriminação
Q1	3,322	0,552
Q2	1,208	1,323
Q3	0,92	1,109
Q4	5,747	0,209
Q5	-28,059	-0,066
Q6	4,172	0,262
Q7	-5,266	-0,348
Q8	3,68	0,35
Q9	10,047	0,082
Q10	2,343	0,566
Q11	7,734	0,12
Q12	30,474	0,039
Q13	5,712	0,235
Q14	5,312	0,302
Q15	7,026	0,135

Fonte: O Autor (2022)

Nota: Destacamos os valores encontrados referente ao índice *dificuldade* para os itens Q5 e Q7 uma vez que estes ficaram abaixo de zero

Tabela 7. Dificuldade, Discriminação e o índice de acerto ao acaso de cada item, da prova de Física do Enem 2019, calculados usando modelo logístico ML3

Item	Acerto ao acaso	Dificuldade	Discriminação
Q1	0,1	2,546	1,429
Q2	0,049	1,287	1,626
Q3	0,168	1,169	2,665
Q4	0,001	5,532	0,218
Q5	0,051	-24,065	-0,096
Q6	0,207	3,071	1,037
Q7	0,058	-3,387	-0,747
Q8	0,174	2,654	1,314
Q9	0,006	9,121	0,093
Q10	0,12	2,223	1,089
Q11	0,044	7,141	0,153
Q12	0,116	23,703	0,079
Q13	0	5,205	0,258
Q14	0,012	5,015	0,336
Q15	0,268	2,67	2,43

Fonte: O Autor (2022)

demonstra que, pela Teoria de Resposta do Item, os dados revelam que os itens de Física do Enem 2019 não foram capazes de avaliar adequadamente o conhecimento dos alunos, independentemente do modelo logístico utilizado para o cálculo dos *scores*.

É importante enfatizar que em várias pesquisas, utilizando a TRI, é feita uma análise estatística de comparação com o objetivo de escolher qual dos modelos

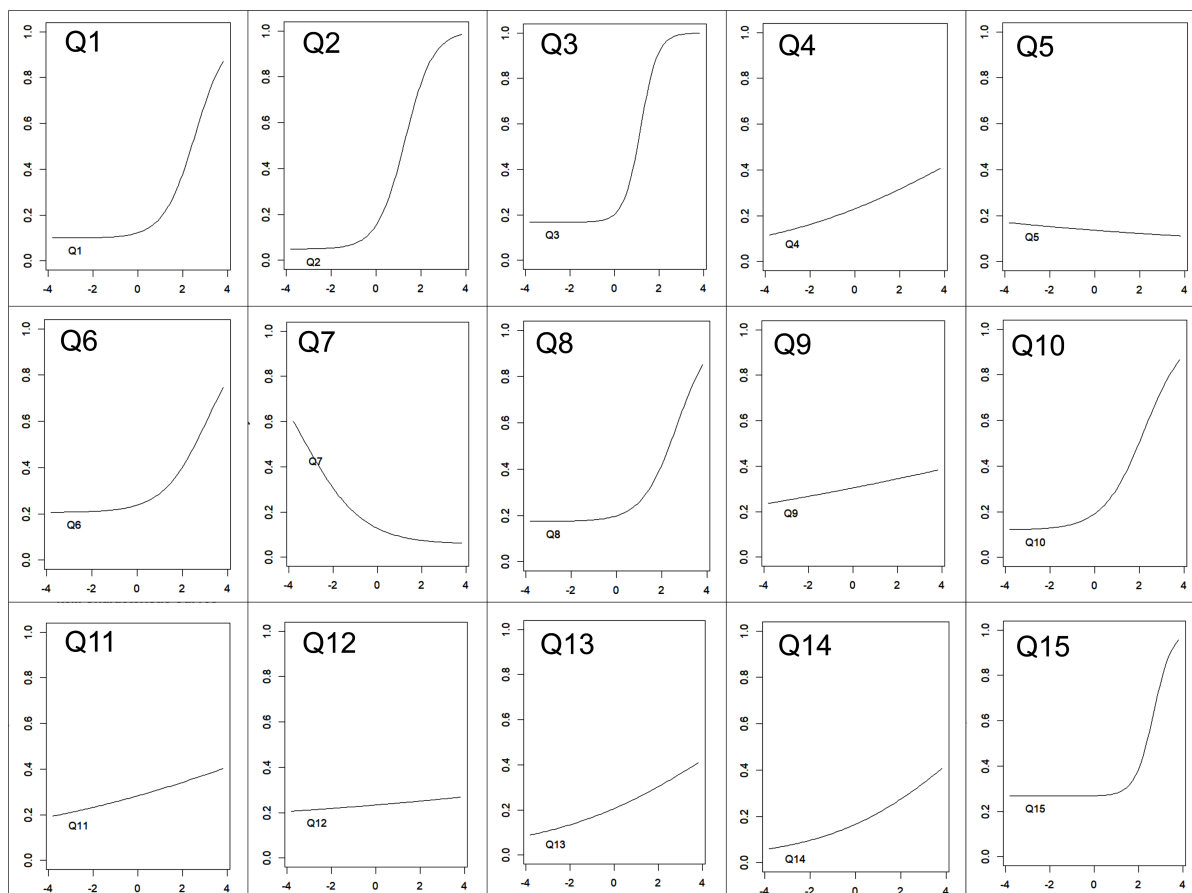
logísticos da TRI é mais adequado para o modelo de dados utilizado. Contudo, nesta pesquisa, analisamos os dados utilizando os três modelos, mas não fizemos essa escolha, uma vez que originalmente esses dados são analisados pelo Inep usando o modelo de três parâmetros, conforme mostrado na Seção 2.3. Dessa forma, achamos por bem mostrar os resultados obtidos pelos três modelos, além de enfatizar um pouco mais sobre os resultados obtidos pelo ML3, visando entendermos de fato os resultados que o Inep está levando em consideração, uma vez que estamos usando o mesmo modelo logístico. Apesar disso, é importante lembrar o que destacamos anteriormente, que não houve diferença significativa quando comparamos os resultados obtidos nas análises utilizando os três modelos logísticos da TRI, conforme mostramos na Tabela 8.

No Gráfico 4, é possível ver a Curva Característica do Item (CCI) referente aos 15 itens de Física do Enem 2019. Neste tipo de gráfico, conforme frisamos na Subseção 2.2.3, no eixo horizontal (eixo X) temos a habilidade que o item mede e no vertical (eixo Y) temos a probabilidade de resposta correta para esse item. Sendo que este modelo “baseia-se no fato de que indivíduos com maior habilidade possuem maior probabilidade de acertar o item e que esta relação não é linear” (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000, p. 10).

Contudo, é possível ver no Gráfico 4 que vários itens, pelo menos neste modelo logístico utilizado pelo Inep, não estão conseguindo cumprir bem o seu papel para um exame como o Enem. Isso ocorre porque, neste modelo, não se espera que a inclinação do gráfico seja decrescente. Pois, isso indicaria, conforme explicam Andrade, Tavares e Valle (2000), que a probabilidade de responder corretamente um item da prova diminui conforme aumenta a habilidade dos alunos (o que, obviamente, é inversamente proporcional ao resultado pretendido). E é exatamente isso que acontece nos itens Q5 e Q7 (ver Gráfico 4). Aliás, esses são os mesmos itens que tiveram discriminação negativa, conforme mostrado na Tabela 7.

No Gráfico 4, é possível perceber também que os três itens de Física que apresentaram maiores índices de dificuldade, que foram os itens Q12, Q9 e Q11, apresentam um gráfico crescente, porém sem a curva esperada, e em vez desta, temos uma linha reta, ratificando o baixo poder de discriminação que estes itens possuem. Ou seja, tanto os alunos que tinham maior habilidade quanto os que tinham menores habilidades tinham probabilidades muito próximas de responder corretamente

Gráfico 4. Curva característica do item referente à cada item da Prova de Física do Enem 2019



Fonte: O Autor (2022)

Nota: No eixo X dos gráficos de cada item individual, temos a habilidade e no eixo Y temos a probabilidade

os referidos itens, conforme explica Andrade, Tavares e Valle (2000).

Tabela 8. Índices referentes aos 15 itens de Física, do Enem 2019, encontrados na análise via TCT e utilizando os 3 modelos logísticos da TRI

Item	TCT ponto-bisserial	TRI					
		ML1 Dificuldade	ML2 Dificuldade Discriminação		ML3 Acerto ao acaso Dificuldade Discriminação		
Q1	0,2777	1,923	3,322	0,552	0,1	2,546	1,429
Q2	0,3965	1,366	1,208	1,323	0,049	1,287	1,626
Q3	0,4146	0,931	0,92	1,109	0,168	1,169	2,665
Q4	0,2807	1,338	5,747	0,209	0,001	5,532	0,218
Q5	0,1743	2,041	-28,059	-0,066	0,051	-24,065	-0,096
Q6	0,3037	1,209	4,172	0,262	0,207	3,071	1,037
Q7	0,1345	1,984	-5,266	-0,348	0,058	-3,387	-0,747
Q8	0,2841	1,406	3,68	0,35	0,174	2,654	1,314
Q9	0,2848	0,931	10,047	0,082	0,006	9,121	0,093
Q10	0,3208	1,394	2,343	0,566	0,12	2,223	1,089
Q11	0,2858	1,041	7,734	0,12	0,044	7,141	0,153
Q12	0,2452	1,329	30,474	0,039	0,116	23,703	0,079
Q13	0,2882	1,484	5,712	0,235	0	5,205	0,258
Q14	0,2556	1,755	5,312	0,302	0,012	5,015	0,336
Q15	0,2844	1,064	7,026	0,135	0,268	2,67	2,43

Fonte: O Autor (2022)

Conforme ficou evidente nos resultados mostrados acima, os itens Q5 e Q7 tiveram pior desempenho tanto nos testes usando a TCT quanto nas avaliações usando a TRI. Decidimos, portanto, realizar um novo teste removendo esses dois itens, para verificar se a consistência interna do teste melhoraria. Para isso, foi criado um novo banco de dados com os itens de Física respondidos pelos alunos de Santarém, sem os dois itens considerados “ruins”. Em seguida, foi estimado o coeficiente Alpha de Cronbach, que foi de 0.2401 para os 13 itens (ver Tabela 9), enquanto que o resultado anterior, quando Q5 e Q7 estavam presentes, foi de 0.1921 (conforme mostrado na Tabela 4). Portanto, embora esse coeficiente tenha melhorado após a remoção dos dois itens, o resultado ainda pode ser considerado muito baixo, segundo a classificação de Freitas e Rodrigues (2005) mostrada no Quadro 6.

Após a exclusão dos itens, foi realizada também uma análise com o modelo logístico de três parâmetros da Teoria de Resposta ao Item (TRI). Os resultados podem ser visualizados na Tabela 10. Observa-se que houve uma melhora em relação aos resultados anteriores, quando as questões Q5 e Q7 ainda estavam presentes (ver Tabela 7). Entretanto, essa melhora não foi tão significativa quanto o esperado ao remover os dois itens que apresentavam índices de dificuldade negativos. Vale destacar que os itens Q9 e Q12 continuaram apresentando altos índices de dificuldade e índices de discriminação abaixo de zero. Além destes, outros cinco itens mantiveram índices de discriminação abaixo de zero. Em resumo, a exclusão dos dois itens não foi suficiente para melhorar consideravelmente os resultados da análise realizada usando a TRI.

Portanto, a partir desses resultados obtidos e apresentados acima - que mostram índices bem abaixo do esperado - compreendemos a necessidade de novas análises, visando responder alguns questionamentos, dentre os quais destacamos estes dois: a) Esses dados, referentes aos 15 itens de Física do Enem 2019, não poderiam ser analisados usando modelos unidimensionais? b) Esses dados possuem realmente uma consistência interna?

Sendo assim, visando responder a estes questionamentos, decidimos: 1) realizar uma análise fatorial dos dados referentes aos 15 itens de Física do Enem de 2019 (que pode ser vista na Subseção 3.9), além de; 2) ampliar um pouco a nossa base de dados e analisar não apenas os 15 itens de Física, mas também os demais itens da prova de Ciências da Natureza que totalizam 45 questões, das quais fazem

Tabela 9. Coeficiente Alpha de Cronbach referente aos 15 itens do Enem 2019 obtido após a remoção dos itens Q5 e Q7

	Item	Coeficiente
	Todos os itens	0.2401
Excluindo	Q1	0.2209
Excluindo	Q2	0.1748
Excluindo	Q3	0.1719
Excluindo	Q4	0.2360
Excluindo	Q6	0.2303
Excluindo	Q8	0.2303
Excluindo	Q9	0.2463
Excluindo	Q10	0.2142
Excluindo	Q11	0.2408
Excluindo	Q12	0.2549
Excluindo	Q13	0.2281
Excluindo	Q14	0.2349

2023

Fonte: O Autor (2023)

Tabela 10. Dificuldade, discriminação e índice de acerto ao acaso de cada item da prova de Física do Enem 2019 calculados utilizando o modelo logístico ML3, após a remoção dos itens Q5 e Q7

Item	Acerto ao acaso	Dificuldade	Discriminação
Q1	0.107	2.466	1.632
Q2	0.055	1.291	1.689
Q3	0.139	1.126	2.104
Q4	0.001	5.536	0.218
Q6	0.183	3.337	0.775
Q8	0.181	2.603	1.461
Q9	0.012	10.141	0.085
Q10	0.129	2.212	1.157
Q11	0.037	7.376	0.145
Q12	0.022	23.585	0.054
Q13	0.000	5.522	0.243
Q14	0.010	4.932	0.339
Q15	0.268	2.643	2.538

Fonte: O Autor (2022)

parte as 15 questões de Física. O propósito desta análise era avaliar se os baixos índices encontrados seriam por conta de termos separado as questões de Física das demais questões de Ciências da Natureza. O resultado desta análise pode ser visto na Subseção 4.3.

É importante destacar que estes índices negativos de discriminação não foram surpresa alguma para nós, uma vez que a literatura atual já destaca estes baixos índices nos itens de Física, bem como nos demais itens relacionados à prova de Ciências da Natureza. Rubini (2019), por exemplo, ao analisar a Prova de Ciências da

Natureza do Enem de 2017, destacou que três itens de Física apresentaram valores de discriminação negativos ou próximos de zero. Segundo ele, a análise das curvas características dos itens analisados em sua pesquisa revelou que, em média, as questões de Ciências da Natureza são consideradas difíceis quando analisadas segundo a TRI, e isto, segundo o autor, confirma os resultados com baixos percentuais de acertos. Além do mais, na concepção de Rubini (2019), alguns itens com índices de discriminação negativa indicam que os mesmos não se enquadram no modelo ML3 da TRI. O autor chama atenção para este fato, pois, segundo ele, estes índices negativos indicam que alunos com maiores *scores* possuem menor chance de acertar o item do que alunos com *scores* mais baixos (RUBINI, 2019). O que é o inverso do esperado de um item que compõe uma avaliação que utiliza a TRI e até mesmo a TCT.

4.3 Análise da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias por meio da TCT e TRI

Conforme demonstramos nas Seções 4.1 e 4.2, os índices encontrados em nossas análises de dados dos 15 itens de Física não foram satisfatórios. Isso ocorreu tanto na análise por meio da TCT quanto na análise utilizando a TRI.

Destaque-se, por exemplo, que durante a análise empírica dos dados, onde fizemos uso da TCT, encontramos uma alta proporção de erros nos itens de Física, conforme mostrado na Tabela 1.

Além disso, ao fazer a correlação do ponto-bisserial, encontramos valores bem abaixo do esperado, o que pode indicar que os itens da prova de Física, considerando o conceito da unidimensionalidade, podem não estar avaliando adequadamente a habilidade dos alunos. Portanto, os valores encontrados exigiram novos estudos estatísticos, visando esclarecer o porquê desses coeficientes tão baixos. Sendo assim, decidimos fazer uma análise fatorial e o resultado pode ser visto na Seção 4.4.

Por sua vez, a análise do coeficiente *Alpha de Cronbach* também chamou a atenção para os baixos índices, conforme já destacamos na Subseção 4.1.3. Tais índices sugerem uma análise mais aprofundada, visando demonstrar se a quantidade de itens influenciou no baixo índice do *Alpha* ou se realmente as questões de Física do Enem 2019 apresentaram baixa consistência interna. Por este motivo, visando

esclarecer este questionamento que surgiu durante a pesquisa, decidimos ampliar a nossa base de dados. Para tanto, decidimos pegar os 45 itens da prova de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, uma vez que os itens de Física fazem parte deste bloco de questões. Dessa forma, analisamos não apenas os itens de Física, mas também os itens de Química e Biologia.

Convém destacar que esta análise dos 45 itens da prova de CN foi realizada somente para verificar se ao aumentarmos a quantidade de itens, os índices da TCT e da TRI também aumentariam consideravelmente. Pois, caso isso acontecesse, estaríamos confirmando que a quantidade de itens ou até mesmo o fato de termos isolado apenas os 15 itens de Física, dentre um grupo de 45, poderia ter sido o causador destes baixos índices.

É importante destacar que esta análise dos itens de CN foi realizada seguindo a mesma metodologia citada no Capítulo 3 - considerando somente os alunos de Santarém - e o resultado pode ser visto na Subseção 4.3.1.

4.3.1 Resultado da análise das questões de CN por meio da TCT e da TRI

Conforme demonstrado no Quadro 4, a prova de Ciências da Natureza, aplicada no Enem 2019, tinha 45 itens, sendo que estes itens eram referentes a conteúdos de Física, Química e Biologia, conforme consta no item 4.3 do Edital do Enem 2019 (BRASIL, 2019a). A nota média dos alunos de Santarém, para a prova de CN, foi de 453,04, enquanto a nota média de todos os estudantes do Brasil, naquela mesma prova, foi de 477,8.

Além disso, é importante lembrar que, conforme frisamos na Seção 3.2, no Enem 2019 havia 5 tipos de provas com questões referentes à CN e neste trabalho decidimos usar o Caderno Azul (Anexo B) como referência. Neste, as questões de CN estavam enumeradas a partir do número 91 até 135. Para facilitar nossa leitura e melhor identificar os itens, decidimos chamar cada item pelo número que recebeu no caderno de prova, acrescido da letra “i” na frente do número. Sendo assim, ao mencionarmos o “i92”, por exemplo, estamos nos referindo ao “Item 92 da prova de Ciência da Natureza, do caderno azul, do Enem de 2019”. Enquanto isso, os itens específicos de Física são chamados de “Q[seguido de um número de 1 a 15]” (ver Quadro 8).

Quadro 8. Proporção de erros e acertos dos alunos de Santarém referente aos 45 itens de CN do Enem de 2019

Item de CN	Item de Física	Percentual de Erro	Percentual de Acerto
i91		72,92%	27,08%
i92	Q1	84,97%	15,03%
i93		56,68%	43,32%
i94	Q2	77,15%	22,85%
i95		83,96%	16,04%
i96		59,69%	40,31%
i97		62,05%	37,95%
i98	Q3	69,48%	30,52%
i99		80,63%	19,37%
i100		63,60%	36,40%
i101		67,67%	32,33%
i102	Q4	76,70%	23,30%
i103		71,13%	28,87%
i104		58,60%	41,40%
i105		82,42%	17,58%
i106	Q5	86,32%	13,68%
i107		56,49%	43,51%
i108		80,80%	19,20%
i109	Q6	74,54%	25,46%
i110		90,87%	9,13%
i111	Q7	85,68%	14,32%
i112		82,81%	17,19%
i113	Q8	77,80%	22,20%
i114		69,98%	30,02%
i115		58,81%	41,19%
i116		62,95%	37,05%
i117	Q9	69,47%	30,53%
i118		48,24%	51,76%
i119	Q10	77,60%	22,40%
i120		88,18%	11,82%
i121	Q11	71,54%	28,46%
i122		68,71%	31,29%
i123		57,23%	42,77%
i124		75,92%	24,08%
i125		80,52%	19,48%
i126	Q12	76,55%	23,45%
i127		72,90%	27,10%
i128		82,78%	17,22%
i129		83,36%	16,64%
i130		76,41%	23,59%
i131	Q13	79,00%	21,00%
i132	Q14	82,86%	17,14%
i133		67,19%	32,81%
i134		75,64%	24,36%
i135	Q15	71,96%	28,04%

Fonte: O Autor (2022)

Feitas estas ponderações, podemos compreender melhor alguns pontos importantes que destacamos após a análise via TCT e TRI realizada nos 45 itens da

Prova de CN, conforme mostramos nos parágrafos seguintes desta seção.

No Quadro 8, é possível ver a proporção de erros e acertos para cada item da Prova de CN. Podemos perceber também que a proporção de erros é bem alta, tal como havíamos percebido ao analisarmos somente os itens de Física (ver Tabela 1). Em média, a proporção de erros para a prova de CN está em 73,35%, e a proporção de acertos está em 26,65%. Por sua vez, a prova de Física apresentou uma proporção de acertos de 22,56% e de 77,44% de erros.

Ao analisarmos o coeficiente *Alpha de Cronbach* para os 45 itens da prova de Ciências da Natureza (CN), obtivemos um resultado de 0,5556. No entanto, quando analisamos apenas os itens de Física isoladamente, o coeficiente foi encontrado com valor de 0,1921. Portanto, é possível perceber que a consistência interna e a confiabilidade dos dados melhoram quando analisamos a prova de CN como um todo, como explicado na Seção 3.6. Essa diferença nos coeficientes pode ser atribuída ao aumento na quantidade de itens, como ressaltado por Ferreira (2018) e Freitas (2005) em seus trabalhos. No entanto, apesar dessa melhoria, o coeficiente ainda é considerado baixo de acordo com os limites sugeridos por Freitas (2005) (ver Quadro 6). Portanto, seria interessante realizar uma análise completa de todos os itens do Enem 2019 para verificar se a consistência interna apresenta resultados melhores para a prova como um todo. Todavia, essa análise não foi possível nesta pesquisa, já que só percebemos essa necessidade à medida que fomos realizando as análises nos 15 itens de Física e, posteriormente, nos 45 itens da prova de CN.

É importante destacar que Vizzotto (2022) realizou uma análise do coeficiente *Alpha de Cronbach* para as provas de CN realizadas de 2009 a 2019. Ele utilizou os dados referentes a todos os estudantes que participaram de todas as edições do Enem nesse período e aplicou um filtro para obter um recorte nacional, como detalhado em sua pesquisa.

Ao somar o número de inscritos no Enem nas 11 edições analisadas chega-se ao número de 69.556.698 pessoas. Esse quantitativo, demasiadamente grande, mostra a necessidade de realizar-se um recorte amostral nos dados. De modo a definir critérios para esse recorte, foram aplicados os seguintes filtros, a fim de analisar somente os dados daqueles que: 1) eram participantes da primeira aplicação; 2) responderam todos os itens; 3) estudaram em escola regular; 4) concluíram ou estavam concluindo o Ensino Médio no ano em que fizeram a prova; 5) estiveram presentes em todas as provas da edição; 6) receberam o

caderno azul (VIZZOTTO, 2022, p. 7)

Após o recorte realizado por Vizzotto (2022) , a amostra utilizada em sua pesquisa ficou com 6.981.815 participantes para as onze edições do Enem (de 2009 a 2019), e a média do coeficiente Alpha de Cronbach para esses anos foi de 0,667. No entanto, nos anos de 2013 e 2018, esse coeficiente foi inferior a 0,60, conforme pode ser visto no Quadro 9. Portanto, de acordo com a classificação sugerida por Freitas e Rodrigues (2005), esses resultados indicam que a prova de CN desses dois anos apresentou baixa consistência interna.

Quadro 9. Coeficiente *Alpha de Cronbach* referente às provas de CN das edições de 2009 a 2019 do Enem.

Ano	Alfa de Cronbach
2009	0,720
2010	0,752
2011	0,746
2012	0,764
2013	0,589
2014	0,640
2015	0,658
2016	0,664
2017	0,625
2018	0,580
2019	0,601
Média	0,667

Fonte: O Autor (2022) com dados de Vizzotto (2022)

É importante frisar que o *Alpha de Cronbach* encontrado por Vizzotto (2022) para o ano de 2019 difere do que encontramos nesta pesquisa, pois usamos amostras diferentes. Aquele utiliza um recorte nacional, enquanto nesta pesquisa consideramos somente os dados referentes aos alunos de Santarém, conforme explicamos na Seção 4.3. Contudo, a pesquisa de Vizzotto (2022) mostra que, em média, a prova de CN não possui uma alta consistência interna, sendo que somente nos anos de 2010 e 2012 é que a prova de CN obteve um coeficiente superior a 0,75 - o que é considerado um coeficiente alto, segundo a classificação de Freitas e Rodrigues (2005) mostrada no Quadro 6.

Quando analisamos a correlação ponto-bisserial para os 45 itens da prova de CN (ver Tabela 11), nota-se que este coeficiente continua baixo, assim como nos resultados obtidos analisando somente os itens de Física (Tabela 3). Dos 45 itens,

somente 11 obtiveram coeficiente maior que 0,30 - que é o valor utilizado em vários trabalhos acadêmicos sobre TCT e TRI - e somente 19 itens obtiveram coeficientes maiores ou iguais a 0,20, que foi o valor mínimo considerado aceitável para este trabalho, conforme frisamos na Seção 3.5.

Tabela 11. Índices referentes aos 45 itens da prova de CN, do Enem 2019, encontrados na análise via TCT e utilizando os 3 modelos logísticos da TRI

		TCT	TRI					
			ML1	ML2		ML3		
Item de CN	Item de Física	ponto-bisserial	Dificuldade	Dificuldade	Discriminação	Acerto ao acaso	Dificuldade	Discriminação
i91		0,1901	1.062	3,943	0,255	0,198	3,254	0,779
i92	Q1	0,2449	1.844	3,079	0,602	0,085	2,454	1,31
i93		0,3595	0.289	0,383	0,771	0,265	1,062	1,694
i94	Q2	0,4178	1.302	1,276	1,194	0,109	1,328	2,701
i95		0,1259	1.763	13,286	0,125	0,151	2,825	2,568
i96		0,3441	0.421	0,604	0,711	0,17	1,036	1,132
i97		0,2964	0.528	0,907	0,579	0,268	1,505	1,617
i98	Q3	0,4073	0.882	0,96	1,021	0,126	1,158	1,748
i99		0,3522	1.524	1,751	0,953	0,112	1,592	2,71
i100		0,4042	0.599	0,632	1,053	0,191	1,015	2,195
i101		0,3259	0.793	1,179	0,687	0,196	1,498	1,549
i102	Q4	0,1475	1.275	7,637	0,157	0	7,596	0,158
i103		0,2697	0.967	1,906	0,498	0,169	2,006	1,067
i104		0,2811	0.373	0,706	0,519	0	0,664	0,562
i105		0,1736	1.649	5,819	0,27	0,157	2,457	2,566
i106	Q5	0,0436	1.959	-19,005	-0,097	0,121	-3,646	-1,321
i107		0,4072	0.280	0,284	1,065	0,224	0,787	2,096
i108		0,076	1.535	-21,018	-0,068	0,175	-3,094	-1,628

Continua na próxima página

Tabela 11 – Continuação da Tabela 11 iniciada na página anterior

		TCT	TRI					
			ML1	ML2		ML3		
Item de CN	Item de Física	ponto-bisserial	Dificuldade	Dificuldade	Discriminação	Acerto ao acaso	Dificuldade	Discriminação
i109	Q6	0,2006	1.151	3,786	0,289	0	3,657	0,3
i110		-0,0025	2.432	-6,369	-0,395	0,039	-3,614	-0,884
i111	Q7	0,0266	1.904	-8,502	-0,212	0	-8,225	-0,22
i112		0,1244	1.677	15,91	0,099	0,161	3,373	1,662
i113	Q8	0,196	1.341	4,25	0,301	0,183	2,687	1,421
i114		0,3368	0.908	1,35	0,688	0,065	1,437	0,876
i115		0,2888	0.382	0,712	0,528	0,152	1,214	0,756
i116		0,2172	0.569	2,047	0,263	0,242	2,786	0,613
i117	Q9	0,147	0.882	8,282	0,099	0	7,205	0,114
i118		0,1093	-0.077	-7,851	0,009	0	-1,645	0,043
i119	Q10	0,2315	1.329	3,112	0,414	0,179	2,257	1,792
i120		0,0873	2.133	34,034	0,059	0,117	2,79	31,449
i121	Q11	0,1356	0.989	15,07	0,061	0,281	3,209	2,568
i122		0,1308	0.844	7,699	0,102	0	6,968	0,113
i123		0,4078	0.313	0,331	1,015	0,07	0,489	1,262
i124		0,1095	1.229	63,149	0,018	0,237	3,063	2,724
i125		0,1737	1.516	5,886	0,244	0,165	3,152	1,262
i126	Q12	0,1038	1.266	52,656	0,022	0	37,323	0,032
i127		0,1465	1.061	8,233	0,121	0	7,015	0,142
i128		0,1523	1.674	7,992	0,198	0,157	2,911	1,934

Continua na próxima página

Tabela 11 – Continuação da Tabela 11 iniciada na página anterior

		TCT	TRI					
			ML1	ML2		ML3		
Item de CN	Item de Física	ponto-bisserial	Dificuldade	Dificuldade	Discriminação	Acerto ao acaso	Dificuldade	Discriminação
i129		0,192	1.718	4,529	0,366	0,111	3,172	0,976
i130		0,1951	1.258	4,698	0,254	0,213	2,143	3,504
i131	Q13	0,1436	1.416	10,348	0,129	0,19	4,403	0,924
i132	Q14	0,1557	1.681	6,93	0,23	0,149	3,206	1,39
i133		0,2386	0.769	1,999	0,369	0,27	2,047	1,682
i134		0,3483	1.213	1,567	0,818	0,091	1,602	1,287
i135	Q15	0,1605	1.011	6,596	0,144	0,271	2,647	2,781

Fonte: O Autor (2022)

Ademais, é importante destacar que do ponto de vista da TRI, não houve melhora considerável em relação aos índices de dificuldade e discriminação quando comparamos os resultados encontrados na análise da prova de CN com os encontrados na análise dos 15 itens de Física. Conforme pode ser visto na Tabela 11, alguns itens continuaram apresentando índices de discriminação abaixo de zero, o que, segundo Ferreira (2018), pode indicar que a probabilidade de um aluno acertar esses itens é a mesma para alunos com proficiências diferentes. O mesmo pode ser visto no índice de dificuldade. Portanto, apesar do coeficiente do *Alpha de Cronbach* ter melhorado nesta análise da prova de CN, a análise via TRI não apresentou melhorias significativas nos índices de discriminação e dificuldade, como esperávamos quando decidimos ampliar nossa base de dados e realizar esta análise com todos os itens da prova de Ciências da Natureza.

Para finalizar esta análise da prova de CN, decidimos fazer uma comparação entre os resultados obtidos pelos alunos das escolas públicas e privadas. Uma vez que, em sua tese, Nascimento (2019) chamou a atenção para a possibilidade dos itens da prova de Ciências da Natureza, especialmente da prova de Física, favorecerem os alunos oriundos de escolas privadas e federais e com melhores condições socioeconômicas. Neste sentido, decidimos fazer uma comparação entre a média da nota dos alunos de Santarém que concluíram o ensino médio em escolas particulares e em escolas públicas, conforme pode ser visualizado no Quadro 10.

Contudo, é importante ressaltar que no momento da inscrição dos alunos, este campo do formulário de inscrição não era de preenchimento obrigatório. Com isso, a maioria dos alunos preferiu não informar o tipo de escola onde concluiu o ensino médio. Dessa forma, fica impossível realizar esta comparação levando em conta a totalidade das escolas, uma vez que apenas 186 alunos declararam ser provenientes de escolas particulares, enquanto 2153 declararam ser de escola pública e mais de 9 mil preferiram não informar o tipo de escola.

Como o resultado da comparação anterior (entre escolas públicas e particulares) não foi satisfatório, decidimos analisar outro aspecto que Nascimento (2019) chamou a atenção em sua tese: a condição socioeconômica. Para tanto, analisamos os dados referentes ao Enem 2019, mais especificamente a parte referente aos "Dados do Questionário Socioeconômico", onde é possível ter acesso às respostas dos alunos

Quadro 10. Média das notas da prova de Ciências da Natureza, do Enem 2019, realizada pelos alunos de Santarém levando em conta o tipo de escola onde concluíram o ensino médio

	Escola pública	Escola particular	Não informou
Média	447,77	535,52	452,67
Quantidade de alunos	2153	186	9285

Fonte: O Autor (2022)

referentes às 25 perguntas sobre a condição financeira do aluno e de sua família.

Obviamente, seria importante se fosse possível analisar minuciosamente os dados referentes a cada resposta do Questionário Socioeconômico. No entanto, como esse não é o objetivo principal desta pesquisa, resolvemos analisar apenas os dados referentes à pergunta 006, que trazia o seguinte comando: **“Qual é a renda mensal de sua família? (Some a sua renda com a dos seus familiares)”**. E, para responder a essa pergunta, os alunos podiam escolher uma faixa salarial, indo de A (para nenhuma renda) até a letra Q (para R\$ 19.960,00). No Quadro 11, é possível ver todas essas faixas salariais.

Quadro 11. Faixa salarial oferecidas pelo Inep como alternativas para a pergunta 006 do questionário econômico do Enem 2019

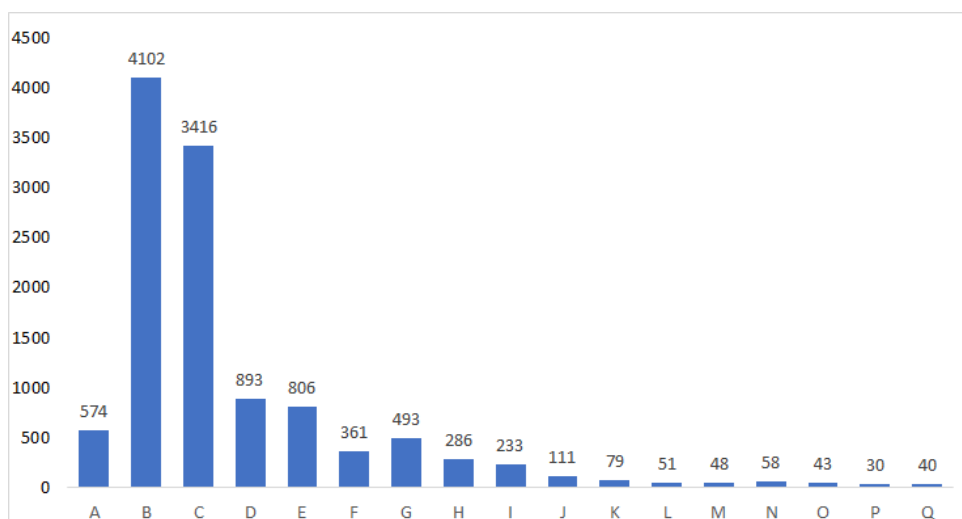
A	Nenhuma renda.
B	Até R\$ 998,00.
C	De R\$ 998,01 até R\$ 1.497,00.
D	De R\$ 1.497,01 até R\$ 1.996,00.
E	De R\$ 1.996,01 até R\$ 2.495,00.
F	De R\$ 2.495,01 até R\$ 2.994,00.
G	De R\$ 2.994,01 até R\$ 3.992,00.
H	De R\$ 3.992,01 até R\$ 4.990,00.
I	De R\$ 4.990,01 até R\$ 5.988,00.
J	De R\$ 5.988,01 até R\$ 6.986,00.
K	De R\$ 6.986,01 até R\$ 7.984,00.
L	De R\$ 7.984,01 até R\$ 8.982,00.
M	De R\$ 8.982,01 até R\$ 9.980,00.
N	De R\$ 9.980,01 até R\$ 11.976,00.
O	De R\$ 11.976,01 até R\$ 14.970,00.
P	De R\$ 14.970,01 até R\$ 19.960,00.
Q	Mais de R\$ 19.960,00.

Fonte: O Autor (2022) com dados do Inep

Ao analisar as respostas dos alunos à Pergunta 006 do Questionário Socioeconômico, verificamos que a maioria deles está situada nas faixas B e C (ver Gráfico 5), ou seja, com renda familiar entre R\$ 998,00 e R\$ 1.996,00. Ao compararmos os extremos do gráfico, observamos que a média dos alunos que declararam não ter

nenhuma renda foi de 433, enquanto a média dos que declararam ter uma renda maior que 19 mil reais foi de 542. Embora a diferença possa parecer pequena, fica evidente no Gráfico 6 que a nota em Ciências da Natureza cresce proporcionalmente à faixa salarial.

Gráfico 5. Quantidade de alunos de Santarém, por faixa salarial, conforme dado do Questionário Socioeconômico do Enem 2019



Fonte: O Autor (2022)

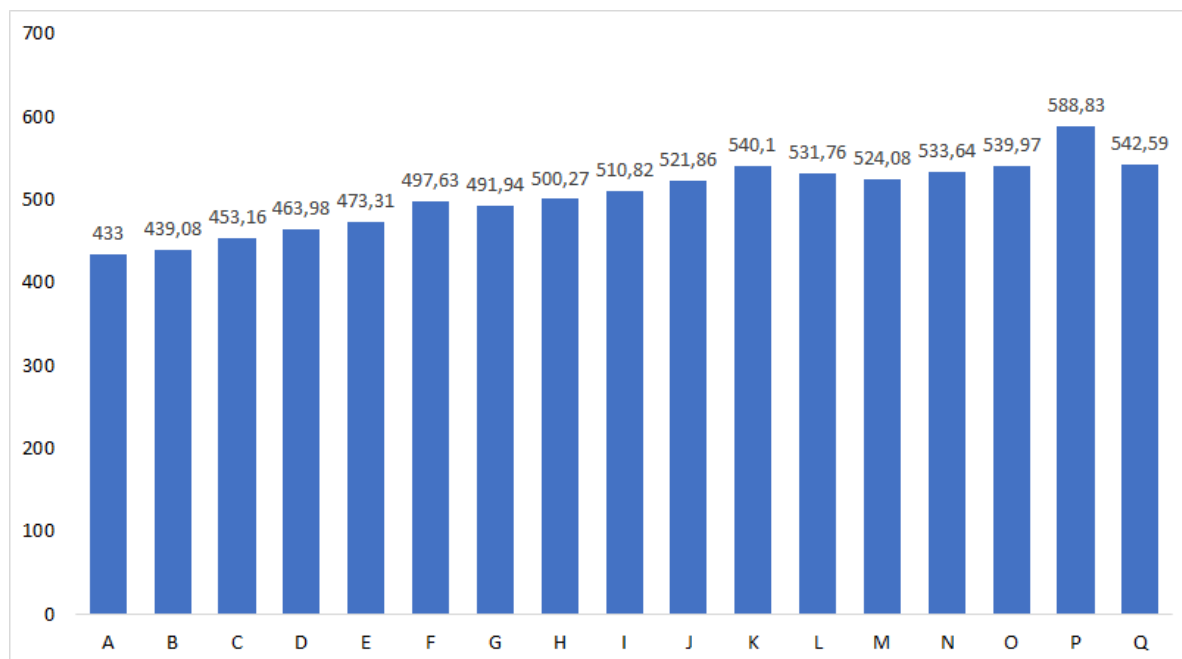
Nota: No eixo X temos as faixas salariais (de A a Q) e no eixo Y temos a quantidade de alunos

Sobre esta relação entre o desempenho do estudante do Enem e a sua condição socioeconômica, é importante destacar a pesquisa de Kleinke (2017) que analisou todos os itens de Física respondidos pelos alunos nas edições do Enem de 2011, 2012 e 2014 e constatou que a média de acerto cresce em função do status socioeconômico, conforme pode ser visualizado no Gráfico 7.

Neste gráfico, Kleinke (2017) explica que as três regiões separadas por linhas tracejadas são referentes às classes baixa, média e alta. E para as três edições do Enem analisadas (2011, 2012 e 2014) as médias dos alunos que estão no topo da classe alta correspondem ao dobro (ou até mais) do que a média dos alunos que estão na classe baixa. O autor destaca ainda, que até mesmo o coeficiente *Alfa de Cronbach* tem resultado diferente quando analisado levando em consideração a classe social dos participantes, conforme pode ser visto na Tabela 12.

Ao explicar os resultados encontrados em sua pesquisa, Kleinke (2017) enfatiza:

Gráfico 6. Nota dos alunos de Santarém, em Ciências da Natureza, por faixa salarial, conforme dados do Questionário Socioeconômico do Enem 2019



Fonte: O Autor (2022)

Nota: No eixo X temos as faixas salariais (de A a Q) e no eixo Y temos a nota dos alunos em Ciências da Natureza.

Tabela 12. *Alfa de Cronbach* para a prova de Ciências da Natureza e para os itens de Física do Enem 2012

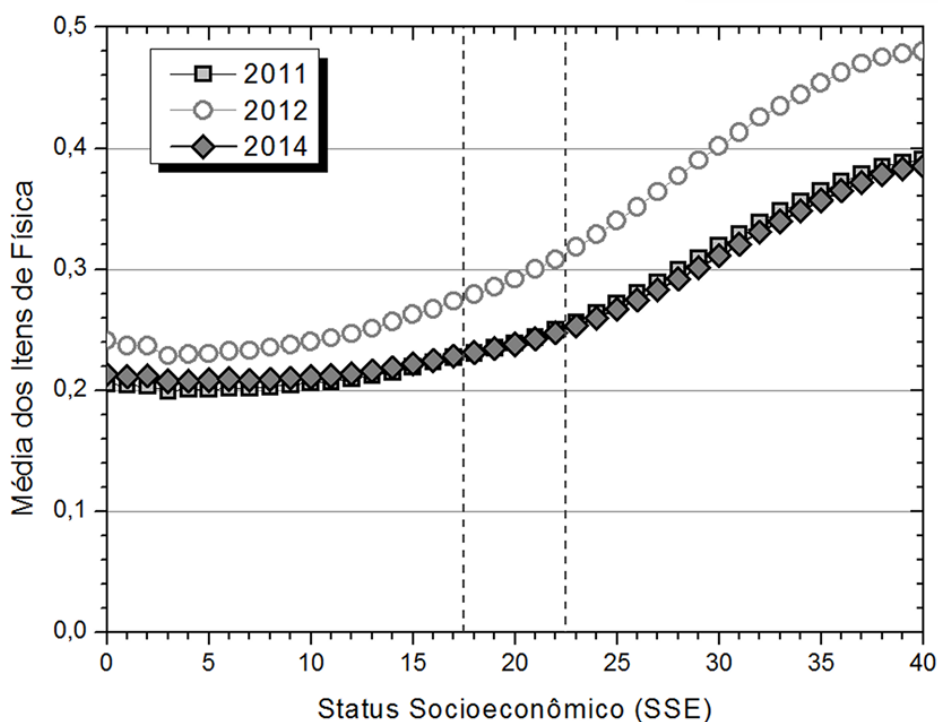
	Número de Itens	Alfa de Cronbach			
		Todos	Classe Baixa	Classe média	Classe alta
Ciências da Natureza	45	0.64	0.55	0.69	0.84
Itens de Física	17	0.51	0.33	0.45	0.63

Fonte: Kleinke (2017)

Esse resultado indica que o construto dessas avaliações reflete uma formação educacional da classe alta. As classes baixa e média não reconhecem a prova, os itens não se relacionam com seu nível de aprendizado, faltam informações a esses alunos sobre como resolver a prova. Apesar de estamos analisando apenas uma prova como indicador, os dados sugerem a necessidade de modificações urgentes no ensino de física (KLEINKE, 2017, p. 8).

Diante destes resultados mostrados por Kleinke (2017), bem como dos que encontramos nesta pesquisa, podemos pressupor que a média da prova de CN para os alunos de Santarém (que mostramos na Subseção 4.3.1) e o *Alfa de Cronbach*, podem ter sido menor que a média nacional, devido à influência do fator socioeconômico. Mas, para comprovar isso, novas pesquisas deveriam ser realizadas levando em conta todos

Gráfico 7. Média de acerto dos itens de Física em função do status socioeconômico para os anos de 2011, 2012 e 2014



Fonte: Kleinke (2017)

estes fatores.

Kleinke (2017), desde 2017, lidera um grupo de pesquisa sobre esta temática, intitulado “Influência do Status Socioeconômico no Desempenho dos Estudantes nos Itens de Física do Enem” e diante dos resultados encontrados em sua pesquisa, chama a atenção para que “professores, pesquisadores e elaboradores se debrucem sobre essas informações para compreender como ensinar melhor e como avaliar melhor a formação em Física de nossos estudantes” (KLEINKE, 2017, p. 8).

4.4 Resultados da Análise Fatorial das Questões de Física do Enem 2019

A análise fatorial foi realizada seguindo os critérios expostos na Seção 3.9. Os resultados mostraram que o modelo unidimensional não foi rejeitado, uma vez que obtivemos os seguintes valores: $X^2[df] = 141.577[90]$, $CFI = 0.965$, $TLI = 0.960$, $SRMR = 0.20$ e $RMSEA = 0.007[IC90\%, 0.005, 0.009]$. Portanto, o modelo foi considerado plausível empiricamente, uma vez que esses valores estão dentro do esperado, conforme explicado na Seção 3.9.

4.4.1 Interpretação dos resultados do ajuste do modelo

Os índices de ajuste servem para avaliar se o modelo teórico que definimos “se encaixa” em nossos dados. A lógica é mais ou menos a seguinte: há uma matriz de correlação teórica e uma matriz de correlação empírica. Sendo que, quanto maior for a proximidade entre o teórico e o empírico, maiores serão o CFI e o TLI (que variam de 0 a 1) e menores serão o RMSEA e o SRMR.

A literatura convencionou alguns pontos de corte para rejeitarmos ou não um modelo de análise fatorial confirmatória com base em seus índices de ajuste, sendo que, conforme destacamos na Seção 3.9, o modelo deve ser rejeitado se o TLI ou CFI foi inferior à 0.90 ou o RMSEA for superior à 0.08 ou ainda se o SRMR for maior que 0.06.

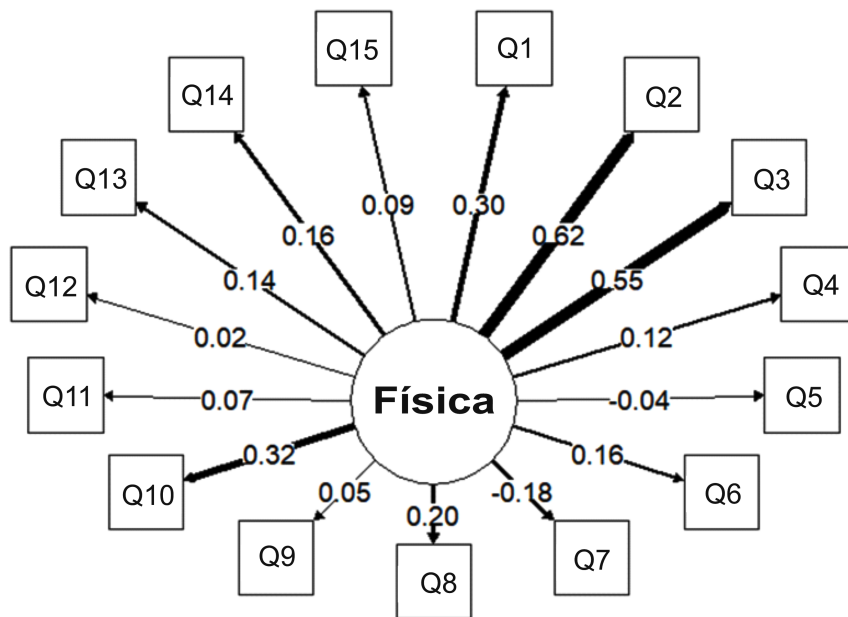
Dessa forma, considerando os resultados observados, não podemos rejeitar o modelo. Isso significa que poderíamos assumir como plausível a presença de uma única variável latente chamada “Conhecimento em Física”. No entanto, apenas essa informação não é suficiente para corroborar evidências de que essa dimensão latente é robusta. Sendo assim, decidimos analisar também as cargas fatoriais e a confiabilidade do fator, conforme mostrado na Subseção 4.4.2.

4.4.2 Cargas fatoriais e confiabilidade da variável latente

As cargas fatoriais do fator nos itens são apresentadas no Gráfico 8. Considerando o critério de Cohen (1993), identificamos duas cargas fatoriais moderadas (Q1 e Q10) e duas fortes (Q2 e Q3). As cargas dos itens 5 e 12 não foram estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Todos os outros nove itens apresentaram cargas fatoriais baixas ou desprezíveis. Considerando os valores absolutos das cargas fatoriais, as estatísticas descritivas foram: média = 0,20 (DP = 0,18), mínimo = 0,02 e máximo = 0,62.

Cumpramos destacar que o critério para interpretar estas cargas fatoriais é o mesmo da correlação. As cargas variam entre $|0|$ e $|1|$ e quanto maior a carga, maior é a sua associação com a variável latente. Portanto, uma dimensão latente de Conhecimento de Física demandaria itens com cargas fatoriais pertinentes (moderadas/altas). Apesar disso, somente 4 itens apresentam cargas fatoriais pertinentes. Esses resulta-

Gráfico 8. Modelo unidimensional testado analisando a variável latente “Conhecimento de Física” nos 15 itens da prova de Física do Enem 2019



Fonte: O Autor (2022)

Nota: Excetuando os itens 5 e 12, todos os demais apresentaram $p < 0.05$

dos indicam que, embora o modelo não tenha sido rejeitado pelos índices de ajuste, não temos uma evidência robusta sobre a presença de uma variável latente consistente.

Por sua vez a variável latente não foi considerada confiável: $\alpha = 0.25$, $\omega = 0.25$ e confiabilidade composta = 0.18.

Portanto, os resultados desta Análise Fatorial demonstram que o modelo de uma dimensão não foi rejeitado com base nos índices de ajuste, contudo, não é possível afirmar que a dimensão identificada é robusta, na medida em que os itens apresentaram cargas fatoriais baixas e o fator não exibiu confiabilidade aceitável. Em síntese, é possível dizer que embora o modelo não tenha sido rejeitado com base nos índices de ajuste, as cargas fatoriais dos itens não corroboram a noção de que uma dimensão foi identificada, considerando que a maioria das cargas foi muito baixa.

Ademais, a análise fatorial destacou novamente os itens Q5 e Q7 pois os mesmos não apresentaram cargas significativas, sendo que estes são os mesmos itens que apresentaram correlação ponto-bisserial abaixo de zero, conforme mostrado na Subseção 4.1.2, e índices de dificuldade de discriminação também negativos, conforme mostrados na Tabela 8.

4.5 Análise Gráfica e Pedagógica dos Itens

Na concepção de Rubini (2019), é importante que a análise via TRI seja complementada com resultados de análises feitas com a TCT, fazendo a análise das questões e dos distratores, visando obter mais detalhes sobre o desempenho do aluno. Sobre esta junção das análises, o autor assim justifica:

Com isso, as questões e o desempenho dos candidatos são vistos sob uma nova perspectiva, e as respostas dos alunos possibilitam a compreensão de diversas dificuldades que os professores e os cursos de formação de professores devem enfrentar para melhorar o ensino de Física (RUBINI, 2019, p. 114).

É importante destacar que para cada item do Enem, são apresentadas cinco alternativas como possíveis respostas, sendo que uma é considerada correta e as outras quatro são erradas, também chamadas na literatura de “distratores”. Conforme explica Salsa, Ramos e Santos (2019), os distratores além de não estarem corretos, eles contêm respostas que aparentemente fazem algum sentido. Porém, não estão em conformidade com a resposta correta esperada, ou seja, de acordo como gabarito.

Segundo Marcom e Kleinke (2021) estes distratores são importantes em uma avaliação como o Enem, conforme explicam:

A nosso ver, o distrator para a constituição de uma avaliação formativa a partir do Enem é essencial, pois é o indicador formativo responsável por representar as possíveis e principais dificuldades dos alunos e alunas na resolução da situação-problema proposta pelo exame. No Enem, os itens são apresentados no formato de situações-problemas que devem ser solucionadas pelos alunos e alunas a partir dos seus conhecimentos e capacidades adquiridos em sua formação escolar e familiar. Esses indivíduos vão utilizar de distintas estratégias para solução dessas situações propostas no Enem. Nesse caso a combinação da análise do distrator com um arcabouço teórico sobre as estratégias de resolução de um problema podem gerar um rico acervo de explicações sobre os processos mentais realizados pelos participantes, trazendo à tona as possíveis dificuldades desses candidatos e candidatas (MARCOM; KLEINKE, 2021, p.1397).

Sendo assim, com o objetivo de complementar as análises psicométricas já realizadas por meio da TCT e TRI, decidimos realizar uma análise pedagógica item a item enquanto analisamos o gráfico da Análise Gráfica do Item, conforme descrito nos parágrafos seguintes.

No Quadro 12 é possível visualizar o gabarito das questões de Física do Enem 2019. O gabarito completo, com todas as questões de CN do referido certame, pode ser encontrado no Anexo C. No Quadro 13, temos a lista de todos os itens e suas respectivas respostas corretas, em conformidade com o Gabarito (Quadro 12), bem como seus distratores. As alternativas corretas estão destacadas para facilitar a visualização, e a coluna “NA” indica a porcentagem de alunos que não responderam a esse item.

Quadro 12. Gabarito dos itens de Física, referente à Prova Azul de CN - Enem 2019

Item	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
Alternativa	A	C	E	B	D	B	A	A	C	B	B	B	B	D	C

Fonte: O Autor (2022) com dados do Brasil (2019b)

Quadro 13. Alternativas mais escolhidas pelos alunos de Santarém em cada item de Física do Enem 2019

Item	A	B	C	D	E	NA*
Q1	15,03%	11,41%	15,19%	19,73%	38,33%	0,31%
Q2	9,80%	18,45%	22,85%	33,42%	15,14%	0,34%
Q3	11,73%	9,67%	8,11%	39,67%	30,52%	0,29%
Q4	18,12%	23,30%	22,72%	19,63%	15,71%	0,52%
Q5	26,57%	19,27%	30,92%	13,68%	9,11%	0,45%
Q6	16,98%	25,46%	17,59%	18,32%	21,27%	0,39%
Q7	14,32%	28,64%	25,85%	19,43%	11,45%	0,31%
Q8	22,20%	19,05%	25,18%	20,38%	12,71%	0,48%
Q9	15,20%	16,98%	30,53%	19,96%	16,87%	0,46%
Q10	21,62%	22,40%	19,76%	23,02%	12,72%	0,47%
Q11	24,55%	28,46%	19,11%	15,97%	11,41%	0,51%
Q12	13,30%	23,45%	31,64%	17,61%	13,64%	0,36%
Q13	18,11%	21,00%	22,84%	21,91%	15,69%	0,45%
Q14	26,97%	29,72%	12,82%	17,14%	13,06%	0,29%
Q15	20,40%	28,73%	28,04%	14,33%	8,12%	0,38%

Fonte: O Autor (2022) com dados do Brasil (2019b)

Nota: *O NA indica o percentual de pessoas que não escolheram nenhuma alternativa para o referido item

4.5.1 Análise dos itens

Nos parágrafos a seguir mostramos uma análise gráfica de cada item, conforme os pressupostos evidenciados na Seção 3.8. Para facilitar a visualização das competências e habilidades exigidas em cada item, elaboramos a Tabela 13 que relaciona cada item da prova de Física do Enem 2019 com a Matriz de Referência (Anexo A) do Enem daquele ano.

Tabela 13. Competência e habilidade exigida em cada um dos 15 itens de Física da Prova do Enem 2019

Item	Competência	Habilidade Exigida
Q1	Competência de área 6 - Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico- tecnológicas.	H23 - Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.
Q2	Competência de área 1 - Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.	H3 — Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
Q3	Competência de área 6 - Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico- tecnológicas.	H22 — Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.
Q4	Competência de área 2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.	H7 — Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.
Q5	Competência de área 5 - Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.	H17 — Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.
Q6	Competência de área 6 - Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico- tecnológicas.	H20 — Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.
Q7	Competência de área 6 - Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico- tecnológicas.	H20 — Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

Continua na próxima página

Tabela 13 – Continuação da Tabela 13 iniciada na página anterior

Item	Competência	Habilidade Exigida
Q8	Competência de área 6 - Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico- tecnológicas.	H21 — Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.
Q9	Competência de área 6 - Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico- tecnológicas.	H21 — Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.
Q10	Competência de área 2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.	H6 — Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.
Q11	Competência de área 2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.	H6 — Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.
Q12	Competência de área 2 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.	H5 — Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
Q13	Competência de área 1 - Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.	H2 — Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.
Q14	Competência de área 1 - Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.	H1 — Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

Continua na próxima página

Tabela 13 – Continuação da Tabela 13 iniciada na página anterior

Item	Competência	Habilidade Exigida
Q15	Competência de área 1 - Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.	H1 — Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

Fonte: O Autor (2022) com dados do Brasil (2019b)

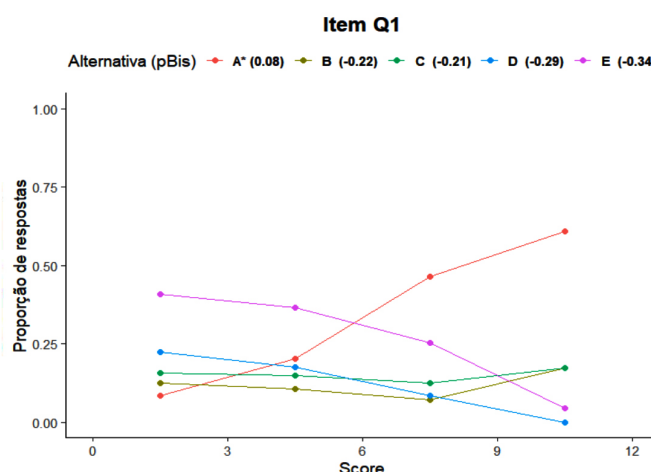
Realizando a Análise Gráfica do item Q1 (Figura 3) é possível perceber que o mesmo foi respondido corretamente por apenas por 15% dos alunos de Santarém, sendo que a alternativa correta era a “A”. É possível notar na Figura 3 que o item Q1 apresenta uma proporção crescente de repostas corretas, proporcional ao aumento dos *scores* dos alunos. O que indica, segundo a TCT, que este item discrimina bem grupos de alunos que possuem melhor desempenho.

Figura 3. Item Q1 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

As redes de alta tensão para transmissão de energia elétrica geram campo magnético variável o suficiente para induzir corrente elétrica no arame das cercas. Tanto os animais quanto os funcionários das propriedades rurais ou das concessionárias de energia devem ter muito cuidado ao se aproximarem de uma cerca quando esta estiver próxima a uma rede de alta tensão, pois, se tocarem no arame da cerca, poderão sofrer choque elétrico.

Para minimizar este tipo de problema, deve-se:

- A** Fazer o aterramento dos arames da cerca.
- B** Acrescentar fusível de segurança na cerca.
- C** Realizar o aterramento da rede de alta tensão.
- D** Instalar fusível de segurança na rede de alta tensão.
- E** Utilizar fios encapados com isolante na rede de alta tensão.



Fonte: O Autor (2022)

É importante observar ainda, que neste item, a alternativa mais escolhida pelos alunos foi o distrator “E”, tendo sido a escolha de 38% dos alunos, conforme mostrado no Quadro 13. Sendo que esta escolha foi maior entre os alunos com *scores* mais baixos, conforme pode ser visualizado na Figura 3. Isso mostra que esta

alternativa fazia mais sentido para os alunos com *scores* menores e à medida que os *scores* aumentava diminuía a proporção dos que escolhiam este distrator.

Solução possível do Item Q1:

Deve-se fazer o aterramento dos arames da cerca com o intuito de proteger os usuários, viabilizando assim um novo caminho para a descarga da corrente elétrica em um ponto “neutro” que é o terra. Ou seja, com o aterramento dos fios, a cerca fica com um potencial elétrico igual (ou, muito próximo) do potencial elétrico do solo.

Por sua vez, o item Q2 (Figura 4) foi respondido corretamente por 23% dos alunos de Santarém. Neste item, também é possível perceber uma proporção crescente entre a taxa de acerto e o *score* dos alunos. Sendo que alunos com *scores* mais baixos preferiram a alternativa “D” e a medida que o *score* aumentava, a escolha desta alternativa também foi decrescendo.

Solução possível do Item Q2:

A primeira lei da termodinâmica é relacionada ao princípio da conservação de energia, afirmando que a variação da energia interna do sistema é equivalente à diferença entre o calor absorvido e o trabalho realizado pelo sistema. Além disso, a segunda lei afirma que calor é transferência térmica entre dois corpos (sistemas), movendo-se sempre do maior para o menor. Ou seja, para minimizar a perda de calor entre os sistemas, é necessário o uso de materiais isolantes, nesse caso a porta e os cobertores. A porta funciona como isolante para a casa pois irá impedir a entrada do frio e os cobertores são um material isolante para os corpos pois aquecerão os corpos, fazendo com que ainda que o frio esteja presente no ambiente, os corpos não sofram perda de calor.

O item Q3 (Figura 5) está entre os dois itens de Física com maior taxa de acerto pelos alunos de Santarém no Enem de 2019. A alternativa correta era a “E” e 31% dos alunos responderam corretamente. É importante perceber que a análise gráfica do item mostra uma proporção crescente entre as respostas corretas e os *scores* dos alunos. Isso mostra que o item parece discriminar bem os alunos com maior conhecimento neste assunto, dos alunos que não dominavam o conteúdo. Essa

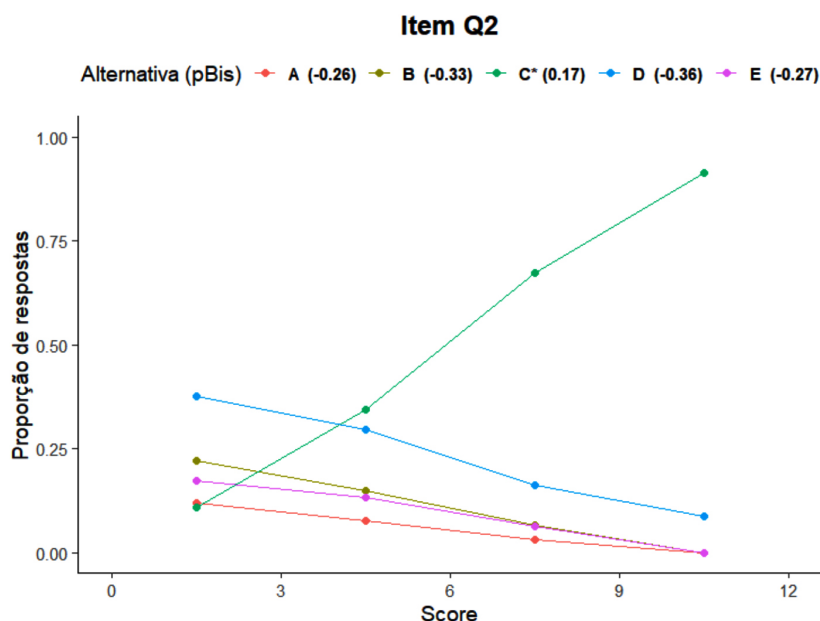
Figura 4. Item Q2 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

Em 1962, um *jingle* (vinheta musical) criado por Heitor Carillo fez tanto sucesso que extrapolou as fronteiras do rádio e chegou à televisão ilustrado por um desenho animado. Nele, uma pessoa respondia ao fantasma que batia em sua porta, personificando o “frio”, que não o deixaria entrar, pois não abriria a porta e compraria lãs e cobertores para aquecer sua casa. Apesar de memorável, tal comercial televisivo continha incorreções a respeito de conceitos físicos relativos à calorimetria.

DUARTE, M. *Jingle é a alma do negócio: livro revela os bastidores das músicas de propagandas*. Disponível em: <https://guiadoscuriosos.uol.com.br>. Acesso em: 24 abr. 2019 (adaptado).

Para solucionar essas incorreções, deve-se associar à porta e aos cobertores, respectivamente, as funções de:

- A** Aquecer a casa e os corpos.
- B** Evitar a entrada do frio na casa e nos corpos.
- C** Minimizar a perda de calor pela casa e pelos corpos.
- D** Diminuir a entrada do frio na casa e aquecer os corpos.
- E** Aquecer a casa e reduzir a perda de calor pelos corpos.

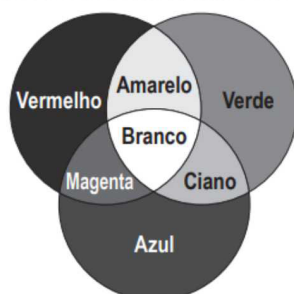


Fonte: O Autor (2022)

informação é ratificada pela capacidade de discriminação do item mostrada na Tabela 7, sendo que este item teve o maior poder discriminativo dentre os 15 itens de Física do Enem 2019, conforme pode ser visto no referido quadro.

Figura 5. Item Q3 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

Os olhos humanos normalmente têm três tipos de cones responsáveis pela percepção das cores: um tipo para tons vermelhos, um para tons azuis e outro para tons verdes. As diversas cores que enxergamos são o resultado da percepção das cores básicas, como indica a figura.

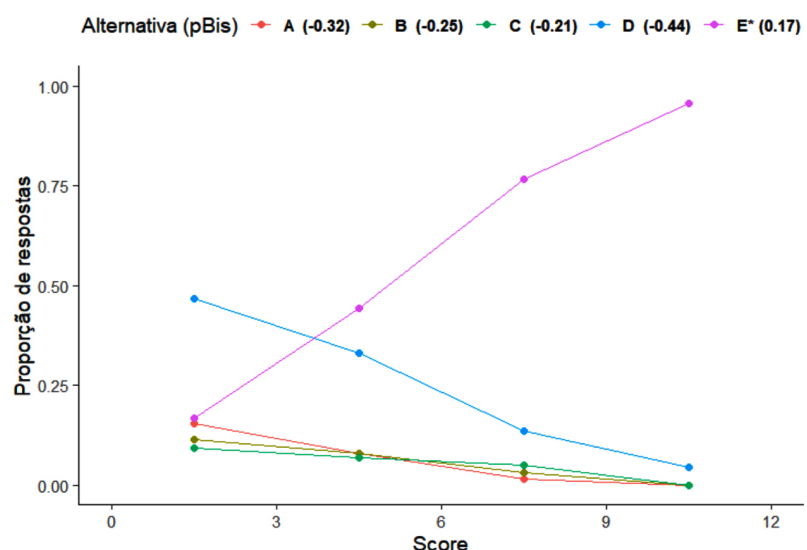


A protanopia é um tipo de daltonismo em que há diminuição ou ausência de receptores da cor vermelha. Considere um teste com dois voluntários: uma pessoa com visão normal e outra com caso severo de protanopia. Nesse teste, eles devem escrever a cor dos cartões que lhes são mostrados. São utilizadas as cores indicadas na figura.

Para qual cartão os dois voluntários identificarão a mesma cor?

- A Vermelho.
- B Magenta.
- C Amarelo.
- D Branco.
- E Azul.

Item Q3



Fonte: O Autor (2022)

Solução possível do Item Q3:

Analisando a figura proposta, observa-se que a alternativa A (cor vermelha) não poderia ser escolhida, pois a questão falava sobre um problema de visão em que ocorre a diminuição ou ausência da recepção da cor vermelha pelos olhos. Logo, esta alternativa estaria descartada pelo próprio comando da questão. As alternativas “B”, “C” e “D”, traziam cores geradas pela intersecção das cores Azul ou Verde com a cor vermelha. Portanto, para visualizar estas cores, o olho humano precisaria perceber bem a cor vermelha. Sendo assim, a alternativa correta era a “E” (cor azul), pois esta é a única cor que não é gerada pela intersecção de verde e vermelho ou azul e vermelho. E, sendo assim, seria a cor que poderia ser

perfeitamente visualizada pelos dois voluntários citados no comando da questão.

Analisando a AGI do item Q4 (Figura 6) é possível perceber que a taxa de acerto foi proporcional aos *scores* dos alunos. É um item que pode ser considerado difícil, uma vez que está entre os itens de Física com maiores índices de dificuldade conforme mostrado na Tabela 7.

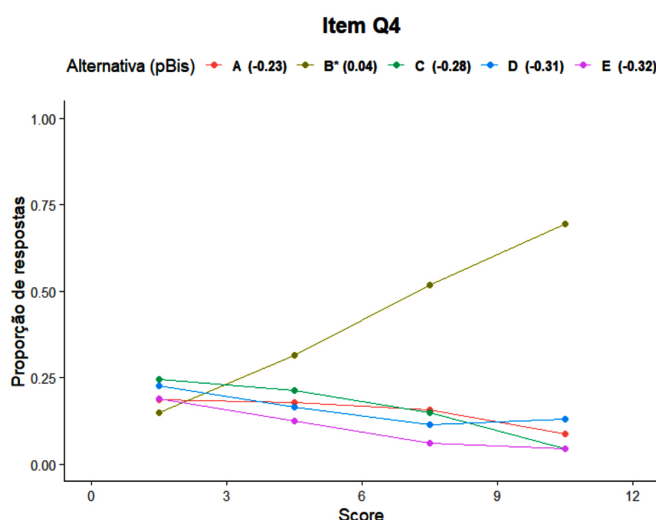
Figura 6. Item Q4 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

O objetivo de recipientes isolantes térmicos é minimizar as trocas de calor com o ambiente externo. Essa troca de calor é proporcional à condutividade térmica k e à área interna das faces do recipiente, bem como à diferença de temperatura entre o ambiente externo e o interior do recipiente, além de ser inversamente proporcional à espessura das faces.

A fim de avaliar a qualidade de dois recipientes **A** ($40\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$) e **B** ($60\text{ cm} \times 40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$), de faces de mesma espessura, uma estudante compara suas condutividades térmicas k_A e k_B . Para isso suspende, dentro de cada recipiente, blocos idênticos de gelo a 0°C , de modo que suas superfícies estejam em contato apenas com o ar. Após um intervalo de tempo, ela abre os recipientes enquanto ambos ainda contêm um pouco de gelo e verifica que a massa de gelo que se fundiu no recipiente **B** foi o dobro da que se fundiu no recipiente **A**.

A razão $\frac{k_A}{k_B}$ é mais próxima de

- A** 0,50.
- B** 0,67.
- C** 0,75.
- D** 1,33.
- E** 2,00.



Fonte: O Autor (2022)

É importante destacar também, que conforme pode ser observado na Tabela 7, este item está entre os quatro com menor índice de acerto ao acaso. Portanto, além de ser um item mais difícil, que exigia maior conhecimento dos alunos, ele também tinha uma baixa probabilidade de que um aluno que não dominasse o conteúdo pudesse acertar a questão apenas escolhendo uma alternativa aleatoriamente (ou seja, “no chute”, como se diz popularmente).

Solução possível do Item Q4:

Pela descrição do enunciado, podemos afirmar que:

A área do recipiente A é: $6 * (40)^2 = 9600 \text{ cm}^2$

A área do recipiente B é: $2 * (60 * 40 + 40 * 40 + 60 * 40) = 12800 \text{ cm}^2$

Tomando a expressão para o cálculo da condutividade térmica, temos:

$$k = \frac{\Delta Q}{A \Delta t} \frac{l}{A \Delta T}$$

Sendo que:

k é a condutividade térmica

l é a espessura da parede ou extensão atravessada

Δt é a variação do tempo

ΔT é a variação de temperatura entre as regiões separadas pela parede

A é a área da secção transversal

Conforme o enunciado do item a espessura, variação de temperatura e a variação do tempo foram iguais para os dois recipientes. Porém, $m_B = 2m_A$. Dessa forma, podemos escrever a expressão da condutividade térmica para cada um dos recipientes e então temos:

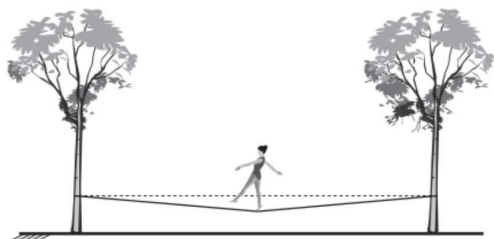
$$\therefore \frac{k_A}{k_B} = \frac{\frac{m_A}{A_A}}{\frac{m_B}{A_B}} = \frac{m_A * A_B}{2 * m_A * A_A} = \frac{m_A * 1200}{2 * m_A * 9600} = \frac{1200}{2 * 9600} \cong 0,67$$

O item Q5 (Figura 7) foi respondido corretamente por apenas 14% dos alunos. A alternativa correta era a “D”, contudo as alternativas mais escolhidas pelos alunos foram “C” e “B”, com 23,30% e 22,72% respectivamente.

Como é possível perceber na Figura 7, a AGI deste item não mostra claramente uma proporcionalidade entre a taxa de acerto e o *score* dos estudantes. Muito pelo contrário, é possível perceber que mesmo alunos com maiores *scores* acabaram marcando a alternativa “B”.

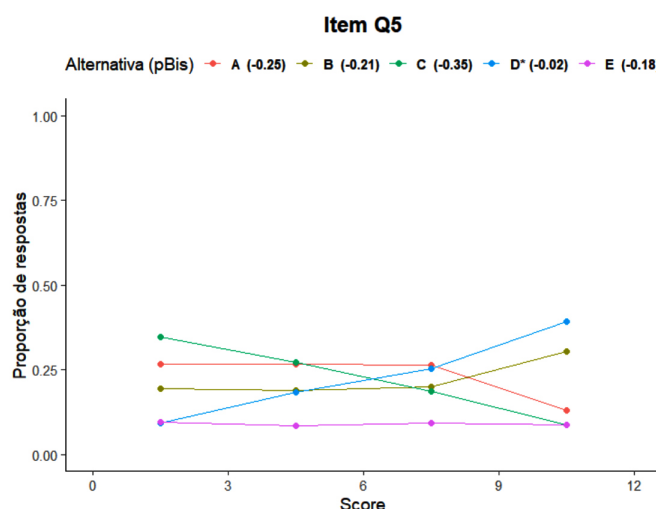
Figura 7. Item Q5 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

Slackline é um esporte no qual o atleta deve se equilibrar e executar manobras estando sobre uma fita esticada. Para a prática do esporte, as duas extremidades da fita são fixadas de forma que ela fique a alguns centímetros do solo. Quando uma atleta de massa igual a 80 kg está exatamente no meio da fita, essa se desloca verticalmente, formando um ângulo de 10° com a horizontal, como esquematizado na figura. Sabe-se que a aceleração da gravidade é igual a 10 m s^{-2} , $\cos(10^\circ) = 0,98$ e $\sin(10^\circ) = 0,17$.



Qual é a força que a fita exerce em cada uma das árvores por causa da presença da atleta?

- A $4,0 \times 10^2 \text{ N}$
- B $4,1 \times 10^2 \text{ N}$
- C $8,0 \times 10^2 \text{ N}$
- D $2,4 \times 10^3 \text{ N}$
- E $4,7 \times 10^3 \text{ N}$



Fonte: O Autor (2022)

É importante frisar que este item ao passar pela análise do ponto-biserial obteve o índice mais baixo, dentre os 15 itens de Física, conforme pode ser visto na Tabela 3, o que pode indicar que este item pode não estar conseguindo exercer o seu papel de distinção entre os sujeitos com maiores ou menores habilidades. Aliás, conforme pode ser visto na Figura 7 a alternativa “D” (que era a correta) apresentou coeficiente ponto-biserial negativo (-0,02) o que pode indicar, conforme Silva (2019c) que os alunos foram induzidos a outras alternativas por má compreensão do conteúdo ou até mesmo porque chutaram o item. Além disso, este coeficiente negativo, também pode sugerir que “que teve mais acertos vindos de pessoas com baixo desempenho” (VIZZOTTO, 2022, p. 6).

Contudo, conforme mostrado na Tabela 7, o índice de acerto ao acaso desse item era de 0,05, o que indica, segundo a TRI, que a chance de um aluno acertar este item ao acaso era de apenas 5%, o que neste teste não foi considerado um índice tão alto.

Ademais, é importante salientar também que, o item Q5 foi destacado

durante a análise com os modelos ML2 e ML3, devido o mesmo ter apresentado índices de dificuldade e discriminação abaixo de zero (ver Tabela 7). Isso pode indicar que este item foi mal elaborado ou não pode ser analisado dentro dos pressupostos da unidimensionalidade.

Solução possível do Item Q5:

Decompondo a força de tração aplicada no ponto onde o atleta se localiza, é possível afirmar, por conta da simetria e considerando o eixo vertical como eixo y, que a força peso do atleta será igual à soma das tensões em Y. Para cada árvore, podemos realizar uma decomposição e escrever da seguinte forma:

$$2T_y = P$$

$$2T * \sin \theta = m * g$$

$$2 * T * \sin 10 = m * g$$

$$2 * T * 0,17 = 80.10$$

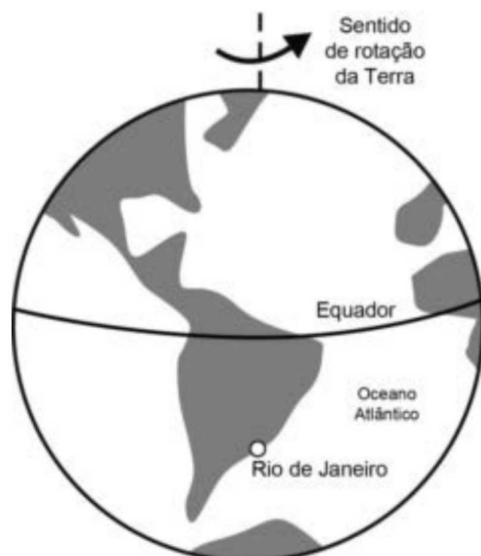
$$T = 2352,94N = 2,4 * 10^3 N$$

O item Q6 foi respondido corretamente por 25% dos alunos de Santarém e alternativa correta era a “B”, tendo sido esta a alternativa mais escolhida pelos alunos.

A AGI do item (Figura 8) mostra uma proporção crescente entre a escolha da alternativa correta e o *score* dos alunos. Esta informação, aliada aos índices encontrados na TRI, e mostrados na Tabela 7, demonstram que o item conseguiu discriminar bem os alunos com maiores habilidades nesta área do conhecimento.

Figura 8. Item Q6 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

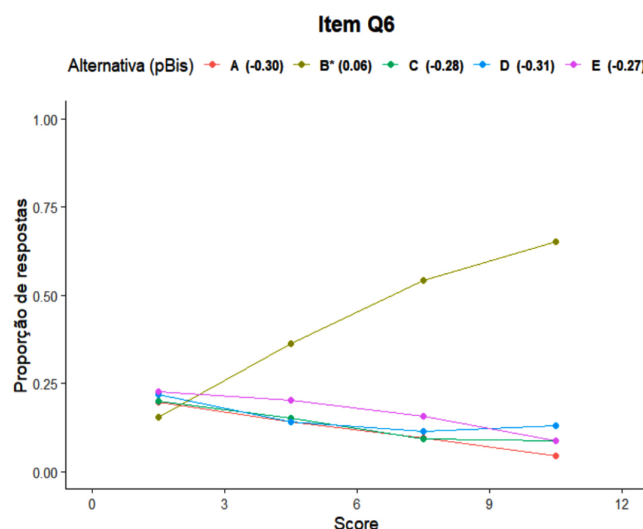
Na madrugada de 11 de março de 1978, partes de um foguete soviético reentraram na atmosfera acima da cidade do Rio de Janeiro e caíram no Oceano Atlântico. Foi um belo espetáculo, os inúmeros fragmentos entrando em ignição devido ao atrito com a atmosfera brilharam intensamente, enquanto “cortavam o céu”. Mas se a reentrada tivesse acontecido alguns minutos depois, teríamos uma tragédia, pois a queda seria na área urbana do Rio de Janeiro e não no oceano.



LAS CASAS, R. *Lixo espacial*. Observatório Astronômico Frei Rosário, ICEx, UFMG. Disponível em: www.observatorio.ufmg.br. Acesso em: 27 set. 2011 (adaptado).

De acordo com os fatos relatados, a velocidade angular do foguete em relação à Terra no ponto de reentrada era

- A igual à da Terra e no mesmo sentido.
- B superior à da Terra e no mesmo sentido.
- C inferior à da Terra e no sentido oposto.
- D igual à da Terra e no sentido oposto.
- E superior à da Terra e no sentido oposto.



Fonte: O Autor (2022)

Solução possível do Item Q6:

Sabe-se que um sistema está em equilíbrio quando está “parado” ou em um sistema uniforme. Se o foguete estivesse exatamente na mesma velocidade de rotação da Terra, os fragmentos cairiam exatamente no local onde ele reentrou, pois ele se moveria junto com a Terra. Para alguém que estivesse na Terra, ele teoricamente ficaria parado, devido ao referencial.

Para que os fragmentos caíssem no oceano, a velocidade do foguete teria que ser maior do que a velocidade de rotação da Terra, assim ele acompanharia e ultrapassaria o referencial da Terra.

O item Q7 foi respondido corretamente por apenas 14% dos alunos de Santarém (PA). Este, juntamente com o item Q5, obtiveram as duas menores taxas de acertos. A alternativa correta para este item era a “A”. Contudo, conforme mostrado

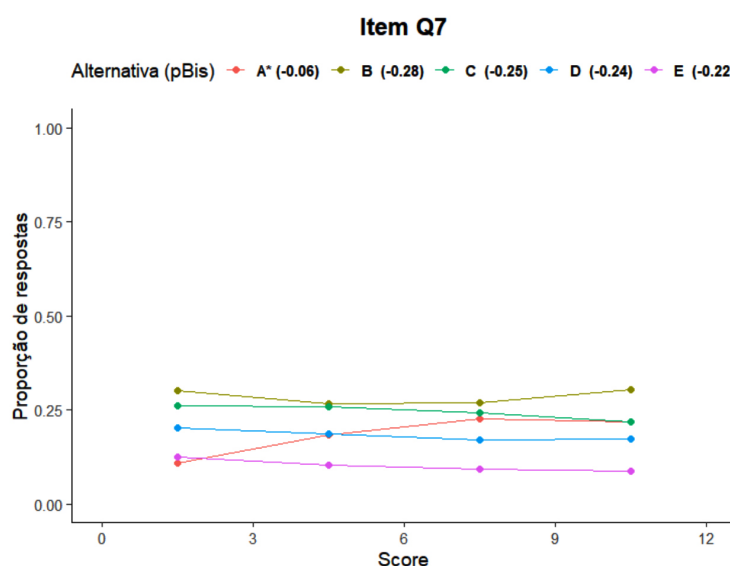
na Figura 9, a mesma obteve coeficiente ponto-bisserial negativo, o que não deve acontecer para uma alternativa considerada correta. Isso também pode ser visualizado na AGI do item, uma vez que a proporção de respostas corretas tem um crescimento muito pequeno em relação ao *score* dos alunos. Aliás, conforme pode ser visualizado na Figura 9, mesmo alunos com maiores *scores* acabaram escolhendo outras alternativas.

Figura 9. Item Q7 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

Em qualquer obra de construção civil é fundamental a utilização de equipamentos de proteção individual, tal como capacetes. Por exemplo, a queda livre de um tijolo de massa 2,5 kg de uma altura de 5 m, cujo impacto contra um capacete pode durar até 0,5 s, resulta em uma força impulsiva média maior do que o peso do tijolo. Suponha que a aceleração gravitacional seja 10 m s^{-2} e que o efeito de resistência do ar seja desprezível.

A força impulsiva média gerada por esse impacto equivale ao peso de quantos tijolos iguais?

- A** 2
- B** 5
- C** 10
- D** 20
- E** 50



Fonte: O Autor (2022)

É importante ressaltar que o item Q7 obteve o coeficiente ponto-bisserial mais baixo dentre os 15 itens de física, conforme mostrado na Tabela 3. E, assim como o item Q5, este também apresentou índices de discriminação e dificuldades negativas, conforme pode ser visto na Tabela 7. Isso mostra que os alunos podem ter marcado outras alternativas devido à questão ter sido mal elaborada ou os alunos não compreenderam a questão.

Solução possível do Item Q7:

Para calcular a força impulsiva, usa-se primeiramente a 1ª Lei, dada por $F = m \cdot \frac{\Delta v}{\Delta t}$, a partir do qual se observa que é necessário encontrar a velocidade final para o termo de variação de velocidade, o qual pode ser feito a partir da conservação de energia mecânica.

$$E_{pg} = E_c$$

$$m * g * h = m \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$g * h = \frac{v^2}{2}$$

Substituindo os valores numéricos,

$$g \cdot h = \frac{v^2}{2}$$

$$50 * 2 = v^2$$

Sendo conhecido que não há nenhuma resistência, considera-se somente o valor positivo,

$$v = 10m/s$$

Voltando para a equação inicial,

$$F = m * \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Substituindo os valores numéricos

$$F = 2,5 * \frac{0 - 10}{0,5} = \frac{2,5 * 10}{0,5} = -5 * 10 = -5N$$

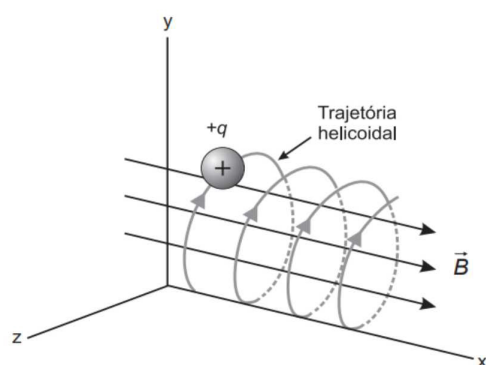
Estabelecendo a razão pedida no enunciado,

$$\frac{|F|}{P} = \frac{|-50|N}{2,5 * 10N} = \frac{50}{25} = 2$$

O item Q8 pode ser considerado de média dificuldade, conforme mostrado na Tabela 7 e foi respondido corretamente por 22% dos alunos de Santarém. A AGI desse item (Figura 10) mostra uma proporção crescente entre a escolha da alternativa correta e o *score* dos alunos. Por outro lado, a escolha das outras alternativas é inversamente proporcional aos *scores* dos alunos. Essas informações, somadas às informações contidas na Tabela 7, demonstram que o item conseguiu discriminar os alunos com maior domínio do conhecimento exigido pela questão.

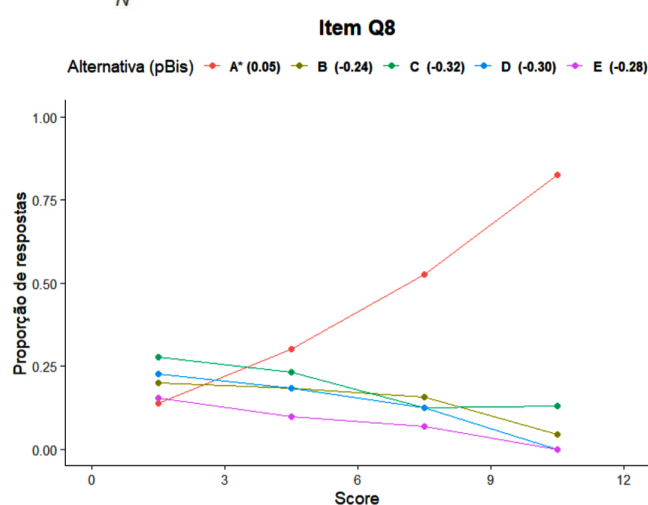
Figura 10. Item Q8 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

O espectrômetro de massa de tempo de voo é um dispositivo utilizado para medir a massa de íons. Nele, um íon de carga elétrica q é lançado em uma região de campo magnético constante $\vec{B}$, descrevendo uma trajetória helicoidal, conforme a figura. Essa trajetória é formada pela composição de um movimento circular uniforme no plano yz e uma translação ao longo do eixo x . A vantagem desse dispositivo é que a velocidade angular do movimento helicoidal do íon é independente de sua velocidade inicial. O dispositivo então mede o tempo t de voo para N voltas do íon. Logo, com base nos valores q , B , N e t , pode-se determinar a massa do íon.



A massa do íon medida por esse dispositivo será

- A $\frac{qBt}{2\pi N}$
- B $\frac{qBt}{\pi N}$
- C $\frac{2qBt}{\pi N}$
- D $\frac{qBt}{N}$
- E $\frac{2qBt}{N}$



Fonte: O Autor (2022)

Solução possível do Item Q8:

Assumindo que a força magnética atuante é igual à força resultante centrípeta, sendo conhecidas as equações, podemos escrever:

$$F_m = F_c$$

$$q * v * b * \sin \theta = \frac{m * v^2}{R}$$

Por conta do ângulo reto na trajetória helicoidal, $\sin 90 = 1$

$$q * v * b = \frac{m * v^2}{R}$$

$$q * v * b = \frac{m}{R}$$

A partir da descrição do problema proposto, podemos definir a velocidade como o produto do número de voltas N pela área A ($2\pi R$) em uma determinada variação de tempo, sendo

$$q * v * b = \frac{m * N * 2 * \pi * R}{\Delta t}$$

Isolando a massa,

$$m = \frac{q * b * R * \Delta t}{N * 2 * \pi * R} = \frac{q * b * \Delta t}{N * 2 * \pi}$$

Sendo $\Delta t = t$

$$m = \frac{q * b * t}{N * 2 * \pi}$$

O item Q9 foi respondido corretamente por 31% dos estudantes de Santarém, sendo que a alternativa correta era a “C”. Dentre os 15 itens de Física, este foi o que teve a maior taxa de acerto, conforme pode ser visualizado na Tabela 1. Na Tabela 7 é possível perceber ainda que este era um item com um alto índice de dificuldade (tendo o segundo valor mais alto dentre os 15 itens) e havia uma baixa probabilidade de que alguém acertasse o item no chute, uma vez que o índice de “acerto ao acaso” era baixo. Conforme pode ser visto na AGI do item (Figura 11), nota-se também que há

uma proporção crescente entre a taxa de acerto e o *score* dos alunos.

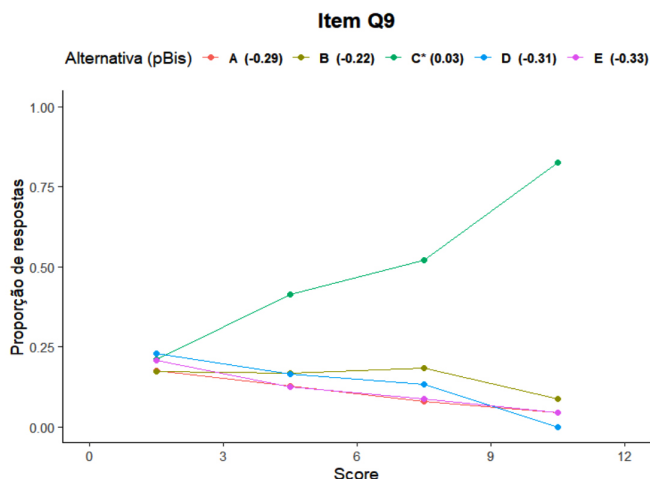
Figura 11. Item Q9 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

Em uma aula experimental de calorimetria, uma professora queimou 2,5 g de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, e sua temperatura inicial era de $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas)	
Valor energético	70 kcal
Carboidratos	0,8 g
Proteínas	3,5 g
Gorduras totais	3,5 g

Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento?

- ☐ A 25
- ☐ B 27
- ☐ C 45
- ☐ D 50
- ☐ E 70



Fonte: O Autor (2022)

Solução possível do Item Q9

De acordo com a tabela temos que para 10g de castanha tem-se 70kcal, portanto, através de uma regra de três, encontramos que para 2,5g temos $\frac{1}{4}$ desse valor, sendo

$$E = \frac{70kcal}{4} = 17,5kcal$$

Como somente 50% dessa energia é aproveitada, temos que a energia utilizada é dada por

$$E' = \frac{17,5kcal}{2} = 8,75kcal$$

Essa energia, que é calor, será utilizada para aquecer a água, sendo

$$E' = Q = m * c * \Delta T$$

Substituindo os valores numéricos,

$$8,75 * 10^3 = 350 * 1 * \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{8750}{350} = 25C$$

Sabe-se que a variação de temperatura é dada pela diferença entre a temperatura final e inicial, portanto

$$\Delta T = T_f - T_i$$

Encontrando a temperatura final,

$$T_f = 25 + 20 = 45C$$

O item Q10 tinha uma dificuldade média e, segundo o ML3 da TRI, o item conseguiu fazer bem a discriminação dos alunos com mais habilidade para responder corretamente o mesmo, conforme mostrado na Tabela 7. A alternativa correta era a “B” e foi respondida corretamente por 22%, conforme mostrado na Tabela 1.

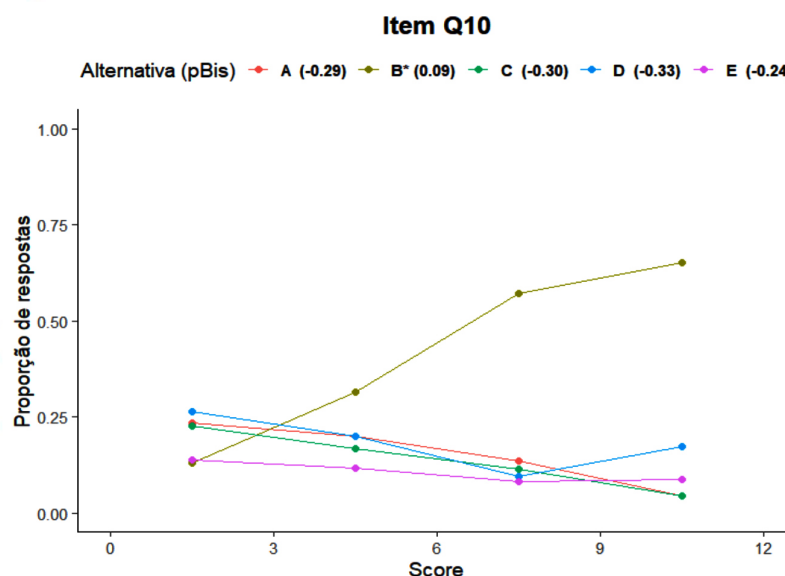
A AGI do item (Figura 12) mostra uma proporção crescente entre os alunos que marcaram a alternativa correta e seus respectivos scores.

Figura 12. Item Q10 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

Dois amigos se encontram em um posto de gasolina para calibrar os pneus de suas bicicletas. Uma das bicicletas é de corrida (bicicleta **A**) e a outra, de passeio (bicicleta **B**). Os pneus de ambas as bicicletas têm as mesmas características, exceto que a largura dos pneus de **A** é menor que a largura dos pneus de **B**. Ao calibrarem os pneus das bicicletas **A** e **B**, respectivamente com pressões de calibração p_A e p_B , os amigos observam que o pneu da bicicleta **A** deforma, sob mesmos esforços, muito menos que o pneu da bicicleta **B**. Pode-se considerar que as massas de ar comprimido no pneu da bicicleta **A**, m_A , e no pneu da bicicleta **B**, m_B , são diretamente proporcionais aos seus volumes.

Comparando as pressões e massas de ar comprimido nos pneus das bicicletas, temos:

- A** $p_A < p_B$ e $m_A < m_B$
- B** $p_A > p_B$ e $m_A < m_B$
- C** $p_A > p_B$ e $m_A = m_B$
- D** $p_A < p_B$ e $m_A = m_B$
- E** $p_A > p_B$ e $m_A > m_B$



Fonte: O Autor (2022)

Solução possível do Item Q10

Por conta do pneu A possuir menor largura em relação ao pneu B, ambos têm a mesma área circular, no entanto, apresentam volumes diferentes.

O pneu A, com menor largura, possui menor volume se comparado ao pneu B. Sabendo-se que a massa de cada pneu é diretamente proporcional ao volume, podemos afirmar que $m_A < m_B$.

A pressão é inversamente proporcional ao volume, ou seja, quanto menor o volume, maior a pressão volumétrica. Portanto, $p_A > p_B$.

O item Q11 teve um dos três maiores índices de dificuldade, conforme

mostrado na Tabela 7. Portanto, segundo a TRI, este item apresentava uma dificuldade um pouco maior, o que exigiria maior habilidade dos alunos para resolver o referido item. Contudo, apesar disso, este item está entre os quatro que os alunos de Santarém mais acertaram, tendo sido respondido corretamente por 28%, conforme exibido na Tabela 1.

A AGI do item (Figura 13) mostra uma proporção crescente entre os alunos que marcaram a alternativa correta, que era a “B”, e os *scores* destes alunos.

Solução possível do Item Q11

A partir do enunciado da questão, considerando que a energia de translação é mínima, ela será desprezada. Portanto, temos que a energia potencial gravitacional é convertida completamente em energia cinética de rotação E , logo,

$$E = m * g * h$$

Na figura pode-se observar que $H = \frac{2h}{3}$,

$$E = \frac{m * g * 2h}{3}$$

Substituindo os valores numéricos,

$$E = 30 * 10^{-3} kg * \frac{10m}{s^2} * 2 * \frac{410.10^{-3}m}{3} = 0,082J = 8,2 * 10^{-2}j$$

O item Q12 foi o que obteve o maior índice de dificuldade, segundo o ML3 da TRI, dentre os 15 itens de Física do Enem 2019, conforme se vê na Tabela 7. A sua alternativa correta era a “B” e 23% dos alunos de Santarém responderam corretamente. Porém, conforme mostrado no Quadro 13, a alternativa mais escolhida foi a “C”, que foi a escolha de 31,64% dos alunos de Santarém. Apesar de ter sido uma questão considerada mais difícil, segundo a TRI, está entre as três com os baixos índices de discriminação. Ou seja, pelos pressupostos da TRI, esta questão não conseguia discriminar corretamente os alunos, de acordo com suas habilidades.

Ao analisarmos a AGI do item (Figura 14), vemos que há uma proporção crescente entre os *scores* dos alunos e a taxa de acerto. Ademais, também é possível

ver que a alternativa C foi a mais escolhida pelos alunos com scores menores e à medida que o *score* vai aumentando a escolha dessa alternativa errada vai diminuindo gradualmente.

Figura 13. Item Q11 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

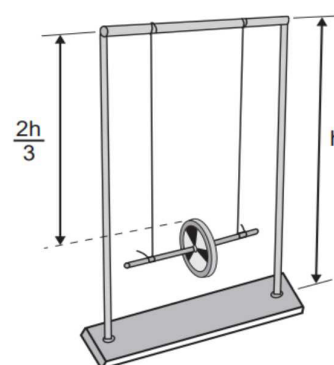
Numa feira de ciências, um estudante utilizará o disco de Maxwell (ioiô) para demonstrar o princípio da conservação da energia. A apresentação consistirá em duas etapas:

Etapa 1 - a explicação de que, à medida que o disco desce, parte de sua energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética de translação e energia cinética de rotação;

Etapa 2 - o cálculo da energia cinética de rotação do disco no ponto mais baixo de sua trajetória, supondo o sistema conservativo.

Ao preparar a segunda etapa, ele considera a aceleração da gravidade igual a 10 m s^{-2} e a velocidade linear do centro de massa do disco desprezível em comparação com a velocidade angular. Em seguida, mede a altura do topo do disco em relação ao chão no ponto mais baixo de sua trajetória, obtendo $\frac{1}{3}$ da altura da haste do brinquedo.

As especificações de tamanho do brinquedo, isto é, de comprimento (C), largura (L) e altura (A), assim como da massa de seu disco de metal, foram encontradas pelo estudante no recorte de manual ilustrado a seguir.

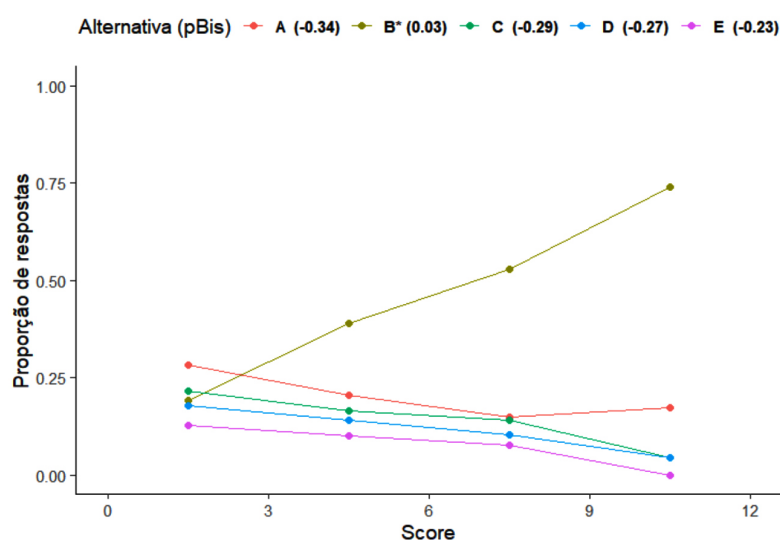


Conteúdo: base de metal, hastes metálicas, barra superior, disco de metal.
Tamanho (C × L × A): 300 mm × 100 mm × 410 mm
Massa do disco de metal: 30 g

O resultado do cálculo da etapa 2, em joule, é:

- A** $4,10 \times 10^{-2}$
- B** $8,20 \times 10^{-2}$
- C** $1,23 \times 10^{-1}$
- D** $8,20 \times 10^4$
- E** $1,23 \times 10^5$

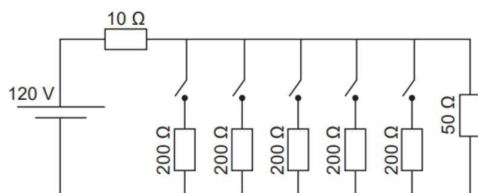
Item Q11



Fonte: O Autor (2022)

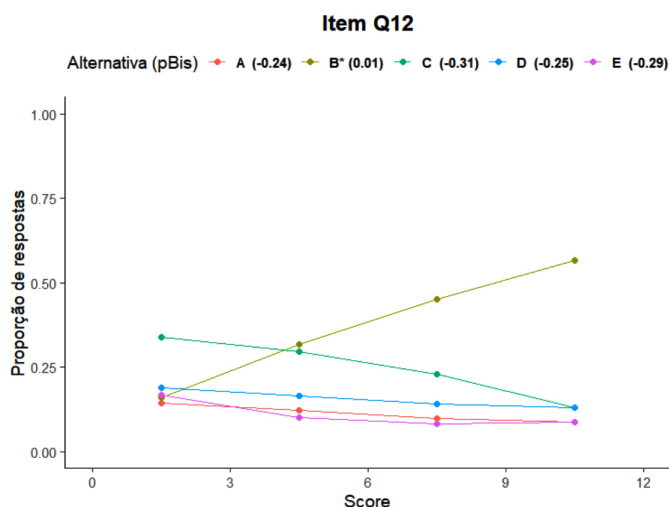
Figura 14. Item Q12 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

Uma casa tem um cabo elétrico mal dimensionado, de resistência igual a $10\ \Omega$, que a conecta à rede elétrica de 120 V . Nessa casa, cinco lâmpadas, de resistência igual a $200\ \Omega$, estão conectadas ao mesmo circuito que uma televisão de resistência igual a $50\ \Omega$, conforme ilustrado no esquema. A televisão funciona apenas com tensão entre 90 V e 130 V .



O número máximo de lâmpadas que podem ser ligadas sem que a televisão pare de funcionar é:

- ☐ A 1.
- ☐ B 2.
- ☐ C 3.
- ☐ D 4.
- ☐ E 5.



Fonte: O Autor (2022)

Solução possível do Item Q12

Observando primeiramente o resistor de $10\ \Omega$, para que ele funcione com o mínimo de tensão possível, por ele deve atuar uma tensão de $V = 120 - 90 = 30\text{ V}$, partindo da definição de tensão

$V = R * I$, temos que nesse resistor há uma corrente de

$$I_1 = \frac{30\text{ V}}{10\ \Omega} = 3\text{ A}$$

Já no resistor de $50\ \Omega$,

$$I = \frac{90\text{ V}}{50\ \Omega} = 1,8\text{ A}$$

Para uma quantidade N de lâmpadas, partindo da LKC, temos que a corrente restante é

$$I_{\text{res}} = 3 - 1,8 = 1,2\text{ A}$$

Para as lâmpadas, sabendo que cada um possui um resistor de $200 \, \Omega$, e uma corrente específica I

$$V = R.I$$

$$I = \frac{90}{200} = 0,45A$$

Ou seja, para que as lâmpadas liguem é necessário no mínimo uma corrente de $0,45$

Para N lâmpadas podemos definir a seguinte expressão:

$$N * 0,45 \leq 1,2$$

Ou seja, o número de lâmpadas deve ser

$$N \leq 2,667$$

Portanto, o número máximo de lâmpadas que podem ser ligadas ao mesmo tempo são 2.

O item Q13 foi respondido corretamente por 21% dos alunos de Santarém. Sendo que este item, segundo o modelo ML3 da TRI, tinha o menor índice de acerto ao acaso, dentre os 15 itens de Física, e estava entre os itens com maiores índices de dificuldade, conforme pode ser visto na Tabela 7. A alternativa correta para este item era a “B” e analisando a AGI do mesmo (Figura 15), vemos que há uma relação proporcional entre a taxa de acerto e o *score* dos alunos.

Solução possível do Item Q13

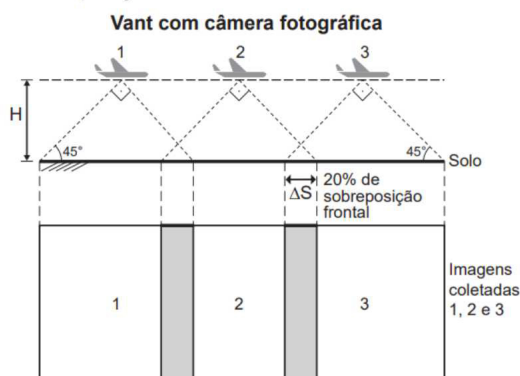
Por conta do ângulo reto entre a câmera e o solo, há uma simetria. Para que capture a distância de terra de $1000m$, com a velocidade de $50 \frac{m}{s}$, são necessários

$$t = \frac{1000m}{\frac{50m}{s}} = 20s$$

No entanto, ele não precisará percorrer todo o espaço novamente, somente 80% por conta da sobreposição frontal das imagens.

Figura 15. Item Q13 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

A agricultura de precisão reúne técnicas agrícolas que consideram particularidades locais do solo ou lavoura a fim de otimizar o uso de recursos. Uma das formas de adquirir informações sobre essas particularidades é a fotografia aérea de baixa altitude realizada por um veículo aéreo não tripulado (vant). Na fase de aquisição é importante determinar o nível de sobreposição entre as fotografias. A figura ilustra como uma sequência de imagens é coletada por um vant e como são formadas as sobreposições frontais.



O operador do vant recebe uma encomenda na qual as imagens devem ter uma sobreposição frontal de 20% em um terreno plano. Para realizar a aquisição das imagens, seleciona uma altitude H fixa de voo de 1 000 m, a uma velocidade constante de 50 m s^{-1} . A abertura da câmera fotográfica do vant é de 90° . Considere $\text{tg}(45^\circ) = 1$.

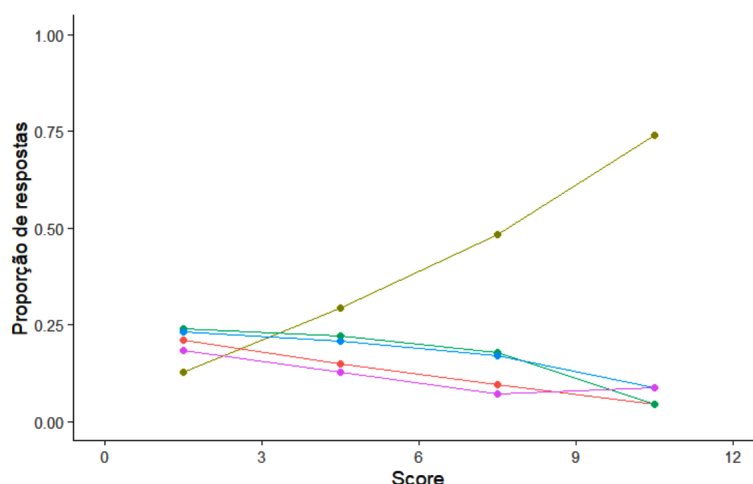
Natural Resources Canada. **Concepts of Aerial Photography**. Disponível em: www.nrcan.gc.ca. Acesso em: 26 abr. 2019 (adaptado).

Com que intervalo de tempo o operador deve adquirir duas imagens consecutivas?

- A 40 segundos.
- B 32 segundos.
- C 28 segundos.
- D 16 segundos.
- E 8 segundos.

Item Q13

Alternativa (pBis) — A (-0.31) — B* (0.06) — C (-0.27) — D (-0.28) — E (-0.29)



Fonte: O Autor (2022)

Encontra-se que 80% de 20s é $\frac{20 \times 80}{100} = 16s$ multiplicando por duas imagens

$$16s \times 2 = 32s$$

O item Q14 foi respondido corretamente por apenas 17% dos alunos de Santarém, o que o coloca com o quarto menor percentual de acerto entre os itens de Física, conforme apresentado na Tabela 1. Esse item apresentou um alto índice de dificuldade e baixo índice de discriminação e de acerto ao acaso, conforme observado

na Tabela 7.

Ao analisarmos a AGI do item (Figura 16), é possível perceber uma proporcionalidade crescente entre a taxa de acerto e o *score* dos alunos. No entanto, também é evidente que muitos alunos marcaram as alternativas erradas, como indicado no Quadro 12. Por exemplo, a alternativa “A” foi considerada correta por 26,97% dos estudantes de Santarém, enquanto quase 30% escolheram a alternativa “B”. Esses resultados sugerem que o item pode ter sido mal elaborado, levando os alunos a considerarem outras possíveis respostas.

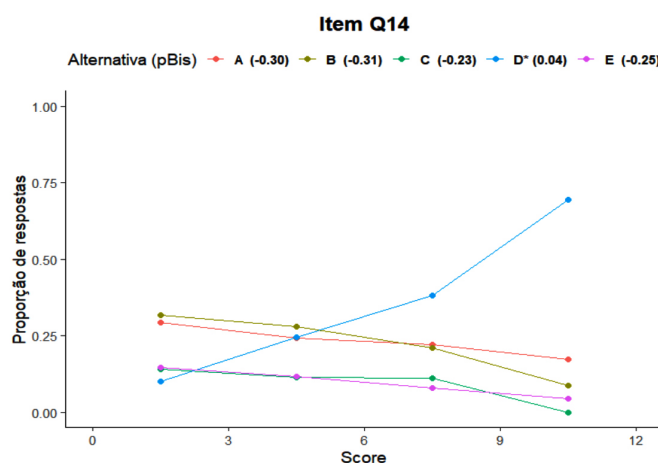
Figura 16. Item Q14 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

A maioria das pessoas fica com a visão embaçada ao abrir os olhos debaixo d'água. Mas há uma exceção: o povo moken, que habita a costa da Tailândia. Essa característica se deve principalmente à adaptabilidade do olho e à plasticidade do cérebro, o que significa que você também, com algum treinamento, poderia enxergar relativamente bem debaixo d'água. Estudos mostraram que as pupilas de olhos de indivíduos moken sofrem redução significativa debaixo d'água, o que faz com que os raios luminosos incidam quase paralelamente ao eixo óptico da pupila.

GISLÉN, A. et al. Visual Training Improves Underwater Vision in Children. *Vision Research*, n. 46, 2006 (adaptado).

A acuidade visual associada à redução das pupilas é fisicamente explicada pela diminuição

- A** da intensidade luminosa incidente na retina.
- B** da difração dos feixes luminosos que atravessam a pupila.
- C** da intensidade dos feixes luminosos em uma direção por polarização.
- D** do desvio dos feixes luminosos refratados no interior do olho.
- E** das reflexões dos feixes luminosos no interior do olho.



Fonte: O Autor (2022)

Solução possível do Item Q14

A reflexão da luz ocorre quando a luz incide sobre uma superfície e volta a se propagar no mesmo meio de origem, enquanto a refração é o fenômeno que ocorre quando a luz passa de um meio para outro diferente e sofre desvio em sua trajetória.

No caso dos olhos de indivíduos moken, os raios luminosos incidem quase paralelamente ao eixo óptico da pupila. Devido a essa característica, a maior parte dos feixes luminosos não sofre reflexão, mas sim refração na superfície ocular, o

que evita a formação de imagens “embaçadas” ou “turvas” causadas por reflexões indesejadas.

O item Q15 está entre os quatro itens com maiores percentuais de acerto, como pode ser visto na Tabela 1, e apresenta o segundo maior índice de discriminação, conforme indicado no Quadro da Tabela 7. A alternativa correta era a “C” e a AGI do item (Figura 17) mostra uma proporção crescente entre o score dos alunos e a taxa de acerto.

No entanto, é possível observar que outras alternativas foram escolhidas por uma parte significativa dos alunos. Por exemplo, as alternativas “B” e “A” foram selecionadas por 28,73% e 20,40% dos alunos de Santarém, respectivamente.

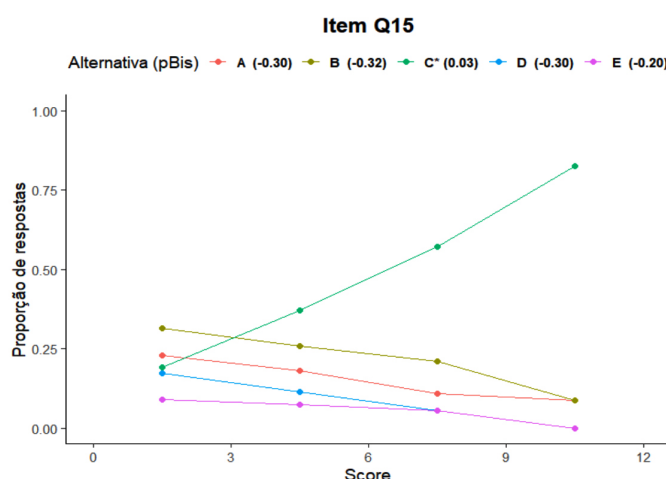
Figura 17. Item Q15 e sua AGI gerada a partir das respostas dos alunos de Santarém que realizaram a prova de Física no Enem 2019

Quando se considera a extrema velocidade com que a luz se espalha por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, [os raios luminosos] se atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala atravessa o ar; pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. In: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. Caderno de História e Filosofia da Ciência, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- A** O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- B** O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- C** O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
- D** A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- E** A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.



Fonte: O Autor (2022)

Solução possível do Item Q15

Sabe-se que a luz apresenta dois comportamentos conhecidos: ora onda, ora partícula. A teoria da física moderna considera a luz principalmente do ponto de vista ondulatório, embora Newton tenha proposto a teoria corpuscular da luz, tratando-a como partícula ou matéria.

No entanto, o texto parece sugerir que a luz não teria as mesmas propriedades se fosse uma flecha ou algum outro material que pudesse ser observado a olho nu. Isso pode ser interpretado como uma crítica à teoria proposta por Newton, mas não está claro o suficiente para fazer uma conclusão precisa.

É importante destacar que dentre os 15 itens de Física, pudemos chegar à resolução de 7 deles (Q1, Q2, Q3, Q6, Q10, Q14 e Q17) sem a realização de cálculos matemáticos e/ou aplicação de fórmulas. Ou seja, os mesmos foram resolvidos usando conhecimentos de Física relacionados a circuitos elétricos, termodinâmica, rotação e translação, pressão, área, volume, fundamentos de óptica, luz, etc. Contudo, pelo menos na solução que encontramos¹, não precisamos realizar cálculos matemáticos.

Voltando à análise desses itens via TRI, conforme mostrado na Tabela 7, vimos que esses 7 itens estão entre os 8 com menores índices de dificuldade. Inicialmente, seria possível pressupor que esses 7 itens pudessem ser respondidos pela maioria dos alunos, já que não exigiam complexas aplicações de fórmulas e tinham índices de dificuldade mais baixos. Contudo, olhando a Tabela 1, é possível ver que somente 3 desses itens estão entre os itens com maiores taxas de acerto.

E então, voltamos à análise via TRI e vimos que esses itens estão entre os 8 com maiores índices de discriminação (conforme mostrado na Tabela 7), o que significa que, segundo a TRI, esses itens conseguiam discriminar bem os alunos com maiores habilidades - para resolução daquele item - dos que não tinham a habilidade necessária. Além disso, é importante salientar que 4 desses itens, a saber, os itens Q1, Q2, Q3 e Q10, se destacaram na Análise Fatorial, conforme mostrado na Seção 4.4, pois esses foram os únicos que apresentaram cargas fatoriais minimamente relevantes em um fator.

¹ Obviamente, alguém pode ter realizado aplicações de fórmulas, pois é possível que cada item seja respondido de diferentes maneiras

Portanto, é possível compreender - a partir dessas análises via TCT e TRI - que essas questões se destacaram durante a Análise Gráfica não somente devido à não exigência de cálculos complexos, mas por estarem avaliando melhor o conhecimento dos alunos, dentro dos pressupostos da TRI.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação, analisamos os dados referentes aos alunos residentes em Santarém que realizaram a prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Exame Nacional do Ensino Médio no ano de 2019. Realizamos uma análise quantitativa e qualitativa dos 15 itens relacionados à Física e interpretamos os dados encontrados, comparando-os com os resultados de outras pesquisas realizadas na área em anos anteriores e em outras localidades. Isso se deve ao fato de não haver nenhuma pesquisa sobre o objeto de estudo utilizado neste trabalho na cidade de Santarém.

Inicialmente, encontramos algumas dificuldades na extração e leitura dos dados do Enem, pois, apesar de haver vários trabalhos utilizando esses dados, conforme mostrado na Seção 1.1, poucos enfatizam quais os procedimentos utilizados para fazer esse processo e quais ferramentas, *softwares* e bibliotecas foram utilizados para realizar todo o processo de extração, leitura dos dados e análise via TCT e TRI. Por esse motivo, nesta pesquisa, detalhamos os procedimentos utilizados em nossa Metodologia (Capítulo 3) e disponibilizamos os códigos utilizados (Apêndice A), para que outros pesquisadores possam utilizar essas informações durante a execução de suas pesquisas, seja em outras áreas do conhecimento ou localidades, ou mesmo usando o recorte utilizado nesta pesquisa. Dessa forma, podemos contribuir com a ciência, e os resultados dessas pesquisas podem servir como um feedback para nossas escolas, a fim de promover uma realimentação do sistema, conforme defendido por Marcom e Kleinke (2016).

Para isso as análises sobre os erros cometidos pelos alunos devem retornar às escolas, promovendo uma realimentação do sistema, a qual é essencial para o desenvolvimento de uma avaliação formativa (MARCOM; KLEINKE, 2016, p. 87).

Na análise dos dados via Teoria Clássica dos Testes, foi possível perceber que o índice de acerto dos itens de Física é muito baixo. Na cidade de Santarém, na prova de Física do Enem 2019, apenas 2 itens tiveram taxas de acerto superiores a 30%, enquanto 4 itens foram respondidos corretamente por menos de 20% dos alunos, conforme pode ser visto na Tabela 1. Contudo, é importante destacar que o percentual de acerto em Física é baixo não apenas em Santarém, mas também em nível nacional. Na Tabela 2, é possível ver que a média nacional de acerto dos itens de Física nas

edições do Enem de 2009 a 2017 foi de 27,5%, conforme relatado por Rubini (2019). Além disso, diversas outras pesquisas revelam os baixos índices de acerto nos itens do Enem referentes à Ciência da Natureza e suas Tecnologias (que é a prova composta por itens de Física, Biologia e Química), dentre as quais podemos citar os trabalhos de Marcom e Kleinke (2016), Marcom (2019) e Vizzotto (2022).

Quando comparamos a média nacional com a média de Santarém referente às notas da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Enem 2019, é possível ver que Santarém não está tão distante da média nacional. No entanto, obteve uma média aproximadamente 5% menor que a nacional, sendo que Santarém obteve uma média de 453,04 e a média do Brasil foi de 477,8. Obviamente, seria importante se tivéssemos a média nacional de acerto dos itens de Física para o ano de 2019, e assim, poderíamos fazer uma comparação para ver o quão perto (ou distante) a cidade de Santarém estaria da média nacional. Contudo, não conseguimos encontrar essa informação, e dentro desta pesquisa, não foi possível realizar essa análise. Aliás, seria importante se já tivéssemos os índices nacionais sobre o desempenho dos alunos nas mais diversas áreas do conhecimento, tal qual o QEdU faz para as áreas de Matemática e Português, conforme destacamos no Capítulo 2. Isso auxiliaria as escolas de todo o país, uma vez que esse feedback poderia mostrar os conteúdos que os alunos estão dominando e aqueles que estão tendo mais dificuldades. Por isso, deixamos aqui essa perspectiva de trabalho futuro, uma vez que entendemos que isso poderia ser feito utilizando os dados do Enem. Dessa forma, qualquer pessoa poderia realizar uma busca em um site (criado para este fim), utilizando o nome de sua cidade e aplicando os demais filtros desejados. Então, uma requisição seria feita a um servidor que processaria essas informações e retornaria com os resultados obtidos.

Ademais, é importante destacar que, ao analisarmos os coeficientes ponto-bisserial e *Alpha de Cronbach* para os 15 itens de Física, encontramos índices baixos. Isso mostrou que a prova tem baixo poder discriminativo e baixa consistência interna. Além disso, a análise via TRI também mostrou itens com baixo poder discriminativo, além de itens com alta probabilidade de que um aluno acertasse ao acaso (como se diz popularmente, por meio do chute). Isso nos levou a questionar se esses índices poderiam ter sido afetados devido termos retirado as questões de Física do conjunto de itens que compunham a prova de Ciências da Natureza.

Para dirimir essa dúvida, realizamos novas análises utilizando técnicas psicométricas da TCT e da TRI em um recorte maior de dados, analisando os resultados de todos os alunos residentes em Santarém que responderam à prova de Ciências da Natureza do ENEM 2019. Apesar de o coeficiente *Alpha de Cronbach* ter melhorado, os demais índices continuaram baixos e não alteraram os resultados encontrados via TRI, conforme mostramos na Subseção 4.3.1.

Vale ressaltar que na Seção 4.3, destacamos que Vizzotto (2022) realizou uma análise dos coeficientes de *alpha de Cronbach* das provas de Ciências da Natureza referentes às edições de 2009 a 2019 do Enem. Os resultados mostraram que este coeficiente tende a ser considerado baixo para esta prova, conforme pode ser visualizado no Quadro 9. No ano de 2019, considerando o recorte nacional, o resultado deste coeficiente foi de 0,601, conforme Vizzotto (2022). Neste mesmo ano, levando em conta somente os estudantes de Santarém, encontramos um coeficiente de 0,5556, o que é aproximadamente 5% menor que a média nacional. Contudo, seria importante termos a análise deste coeficiente levando em conta somente os itens de Física. Com isso, poderíamos comparar se o *alpha de Cronbach* obtido nesta pesquisa, para os itens de Física respondidos pelos alunos de Santarém, está em conformidade com a média nacional. Como não dispomos desta informação, deixamos aqui mais uma perspectiva de pesquisa futura.

Realizamos também uma análise fatorial exploratória nos 15 itens de Física do Enem de 2019, e esta mostrou que o modelo unidimensional (um dos pressupostos da TRI, conforme explicado na Subseção 2.2.3.1) não foi completamente rejeitado. Apesar disso, não foi possível afirmar que a dimensão identificada seja robusta, uma vez que os itens apresentaram cargas fatoriais baixas, e assim, o fator não mostrou confiabilidade aceitável. Aqui, não podemos afirmar que esses itens não são unidimensionais, mas isso nos leva a perguntar se esta unidimensionalidade não seria mais bem comprovada se toda a prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias fosse analisada e até mesmo comparada com uma análise realizada da prova como um todo. Por este motivo, sugerimos novas pesquisas visando esclarecer tais questionamentos.

Destacamos ainda que, ao analisarmos os itens de Física pelos pressupostos da TRI, percebemos que vários itens não conseguiram avaliar adequadamente os estudantes de Santarém. Cita-se, por exemplo, os itens Q5 e Q7, que foram reprovados

em todos os testes que realizamos: na análise do ponto-bisserial, esses itens obtiveram os piores índices (Tabela 3); na análise usando os modelos ML2 e ML3 da TRI, eles apresentaram índices de dificuldade negativos (Tabelas 6 e 7), o que não deveria acontecer, segundo o que se espera de itens que compõem uma avaliação usando a TRI. Isso se refletiu nas respostas dos alunos, conforme pode ser visto na Seção 4.5, e mais especificamente nas Figuras 7 e 9, que mostram que até mesmo os alunos com maiores habilidades não conseguiram responder corretamente a esses itens. Após observarmos que esses dois itens apresentavam os piores índices, dentre os 15 itens de Física, fizemos um teste removendo-os. Contudo, conforme mostrado na Tabela 10, ainda assim os resultados, segundo os pressupostos da TRI, continuaram ruins, mostrando itens com baixo poder discriminativo.

A pesquisa mostrou que o desempenho dos alunos nos itens relacionados à Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CN) é bastante baixo. Esse desempenho parece piorar de acordo com a condição socioeconômica do aluno e de sua família, conforme mostrado no Gráfico 6. É possível perceber que quanto menor a faixa salarial do candidato (e de sua família), menor foi a nota obtida pelos alunos de Santarém no Enem de 2019. Essa hipótese já havia sido levantada nas pesquisas de Kleinke (2017) e na tese de Marcom (2019), que afirmaram que os resultados de suas pesquisas “sugerem que as diferenças de desempenho nos itens de Física estão correlacionadas com as condições socioeconômicas e com o sexo dos candidatos” (MARCOM, 2019, p. 7).

Diante dos resultados que encontramos e dos trabalhos de Kleinke (2017) e Marcom (2019), podemos perceber que o questionário socioeconômico do Enem apresenta variáveis indispensáveis para uma melhor compreensão do desempenho dos alunos nas questões de Ciência da Natureza. Se essa condição socioeconômica realmente influencia a prova de CN, ela não poderia também estar influenciando em outras provas do Enem? Ou ainda, uma vez que um baixo desempenho na prova de CN pode afetar o score total do aluno no Enem, qual seria o impacto dessa influência no processo de seleção de alunos de baixa renda em cursos superiores, uma vez que o Enem é amplamente utilizado para este fim? Essas perguntas demandam novas investigações, e deixamos aqui como perspectiva de pesquisas futuras.

Nesta pesquisa, também realizamos uma análise gráfica de todos os itens

de Física do Enem de 2019, conforme consta na Seção 4.5, na qual apresentamos uma possível resolução para cada um deles e mostramos quais alternativas foram escolhidas pelos alunos. No entanto, apesar de toda essa análise, não é possível afirmar categoricamente o que o aluno “pensou” ou quais conceitos ele utilizou ao escolher uma alternativa em detrimento de outra. Inicialmente, esse era um dos objetivos desta pesquisa, mas não foi possível alcançá-lo porque exigiria uma pesquisa de campo (em sala de aula). Durante o período em que a pesquisa foi realizada, entre os anos 2020 e 2022, fomos atingidos pela pandemia da Covid-19, o que nos levou a um lockdown e as escolas ficaram fechadas por um tempo. Depois, elas voltaram adotando o ensino remoto, por meio de videoaulas ou chamadas de vídeo, a fim de respeitar o distanciamento social necessário para o momento. No entanto, para fins de esclarecimento, destaco abaixo como seria feita esta parte da pesquisa.

A ideia seria usar a Teoria dos Campos Conceituais, que, conforme explicam Sousa, Moreira e Matheus (2004), tem a seguinte definição:

A teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud é uma teoria psicológica de conceitos, uma teoria cognitivista do processo de conceitualização do real, como ele próprio diz. É uma teoria pragmática no sentido de que pressupõe que a aquisição do conhecimento é moldada por situações e problemas e ações do sujeito nessas situações. Quer dizer, é por meio de situações e problemas a resolver que um conceito adquire sentido para o aprendiz. A teoria dos campos conceituais é uma teoria psicológica de conceitos desenvolvida a partir da premissa de que não se pode evidenciar e analisar as dificuldades encontradas pelos alunos, ignorando as especificidades dos conteúdos envolvidos e não levando em consideração o processo de conceitualização do real no qual está engajado o aprendiz (Vergnaud, 1983). O conceito de campo conceitual é, então, introduzido como a unidade de estudo adequada para dar sentido às dificuldades observadas nesse processo de conceitualização do real. Assim, o professor sempre trabalhará baseado nas dificuldades do aprendiz (SOUSA; MOREIRA; MATHEUS, 2004, p. 3).

Sendo assim, seria elaborado um teste de Física baseado na matriz utilizada pelo Enem, buscando avaliar os mesmos objetos de conhecimento exigidos na prova de Física de 2019. Esse teste seria aplicado a uma amostra de alunos de nível médio em Santarém, permitindo que pudéssemos acompanhar a resolução de cada item e verificar quais invariantes operatórios estavam sendo utilizados. Por exemplo, a pesquisa buscaria entender se os estudantes escolhiam a alternativa “A” de um item porque dominavam o conceito de Física exigido ou se estavam fazendo deduções ou utilizando conhecimento empírico ou senso comum. Isso nos daria uma compreensão

mais precisa de quais conceitos de Física os alunos dominavam. Infelizmente, não foi possível realizar esta parte da pesquisa, mas deixamos como uma perspectiva para trabalhos futuros.

Portanto, com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, consideramos que ela atingiu seus objetivos e representa uma contribuição significativa para aprofundar as investigações sobre o desempenho dos alunos em Física, além de ajudar a buscar soluções para melhorar esse desempenho. No entanto, os achados também destacam a necessidade de novas investigações que considerem todas as variáveis do questionário socioeconômico, a fim de obter uma compreensão mais abrangente da relação entre os *scores* e a condição socioeconômica do aluno.

REFERÊNCIAS

- ALCHIERI, João Carlos. **Avaliação psicológica: conceito, métodos e instrumentos**. [S.l.]: Casa do Psicólogo, 2003. Citado na página 41.
- ALVES, Vagner Camarini; STACHAK, Marilei. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1–4, 2005. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 24.
- ANDRADE, Dalton Francisco; TAVARES, Heliton Ribeiro; VALLE, Raquel da Cunha. **Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações**. [S.l.: s.n.], 2000. Citado 9 vezes nas páginas 44, 45, 46, 47, 49, 50, 65, 78 e 79.
- ANDRADE, Josemberg Moura de; LAROS, Jacob Arie; GOUVEIA, Valdiney Veloso. O uso da teoria de resposta ao item em avaliações educacionais: diretrizes para pesquisadores. **Avaliação Psicológica**, scieloapsic, v. 9, p. 421 – 435, 12 2010. ISSN 1677-0471. Citado na página 47.
- ARAÚJO, Ana Liz Souto O. *et al.* **Teoria de Resposta ao Item**. SBC, 2020. Disponível em: <https://metodologia.ceie-br.org/livro-2>. Citado 3 vezes nas páginas 42, 43 e 46.
- BAKER, Frank B; KIM, Seock-Ho. **The basics of item response theory using R**. [S.l.]: Springer, 2017. Citado na página 46.
- BARROSO, Marta F.; RUBINI, Gustavo; SILVA, Tatiana da. Dificuldades na aprendizagem de física sob a ótica dos resultados do enem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, FapUNIFESP (SciELO), v. 40, n. 4, jun. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- BECHGER, Timo M *et al.* Using classical test theory in combination with item response theory. **Applied psychological measurement**, Sage Publications, v. 27, n. 5, p. 319–334, 2003. Citado na página 47.
- BIRNBAUM, ALLAN. Efficient design and use of tests of mental ability for various decision-making problems. school of aviation medicine, usaf. 1957. Citado na página 64.
- BITTENCOURT, Priscilla Aparecida Santana; BARROS, Daniela Melaré Vieira; ALBINO, João Pedro. A linguagem r e sua importância na recolha e análise dos dados. In: **Atas do Congresso Internacional sobre Avaliação no Ensino Superior**. [S.l.: s.n.], 2019. p. 179. Citado na página 59.
- BRAGA, Marcel Bruno Pereira. **Escala de Proficiências em Concepções Térmicas: Diagnóstico Psicométrico de Estudantes em Portugal e Brasil**. 2018. Tese (Doutorado) — Universidade de Coimbra (Portugal), 2018. Citado 3 vezes nas páginas 42, 66 e 67.
- BRASIL. **Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. INEP. Documento Básico ENEM**. [S.l.: s.n.], 1998. Citado 3 vezes nas páginas 33, 36 e 37.

BRASIL. Edital n. 14, de 21 de março de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2019. ISSN 1677-7069. Citado na página 84.

BRASIL. **Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. INEP**. 2019. Acesso em: 17 de Ago. 2020. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/microdados>. Citado 3 vezes nas páginas 38, 100 e 103.

BRASIL. **Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. INEP. Método de correção das provas reconhece o conhecimento e a coerência do participante**. 2019. Acesso em: 19 de Jun. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/enem/metodo-de-correcao-das-provas-reconhece-o-conhecimento-e-a-coerencia-do-participante>. Citado 4 vezes nas páginas 51, 52, 55 e 58.

BRASIL. **Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. INEP. Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade)**. 2020. Acesso em: 01 de Ago. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enade>. Citado na página 36.

BRASIL. **Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. INEP. Histórico**. 2020. Acesso em: 14 de Mar. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem/historico>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.

BRASIL. **Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. INEP. Saeb**. 2020. Acesso em: 07 de Ago. 2020. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/educacao-basica/saeb>. Citado na página 35.

BRASIL. **Ministério da Educação, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. MEC lança novo Saeb com avaliação para todos os anos a partir do 2º do ensino fundamental**. 2020. Acesso em: 03 de Ago. 2020. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=89391>. Citado na página 35.

BRASIL. Instituto nacional de estudos e pesquisas educacionais anísio teixeira. **exame nacional do ensino médio – enem : procedimentos de análise [recurso eletrônico]**. Brasília, DF: Inep, 2021. Citado na página 51.

BRASIL. **A segunda maior prova de acesso ao ensino superior do mundo - MEC**. 2022. Acesso em: 05 de Fev. 2022. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/418-enem-946573306/31151-a-segunda-maior-prova-de-acesso-ao-ensino-superior-do-mundo>. Citado na página 30.

BRITTON, Edward D; SCHNEIDER, Steven A. **Large-scale assessments in science education**. [S.l.: s.n.], 2007. 1007-1040 p. Citado na página 37.

COHEN, Aaron. Organizational commitment and turnover: A meta-analysis. **Academy of management journal**, v. 36, n. 5, p. 1140–1157, 1993. Citado na página 97.

COIMBRA, Patrícia Sá Batista. **Um olhar reflexivo sobre a prática pedagógica de docentes da matemática na educação básica de Santarém**. 2018. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Oeste do Pará, 2018. Citado na página 64.

COLLARES, Carlos Fernando; GREC, Waldir Logulo Parizoto; MACHADO, José Lúcio Martins. Psicometria na garantia de qualidade da educação médica: conceitos e aplicações. **Sci Health**, v. 3, n. 1, p. 33–49, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 45.

COSTA, Regiane Quezia Gomes da. **Análise da prova da primeira fase da OBMEP como subsídio para orientar a prática docente**. 2015. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Brasília, 2015. Citado na página 66.

CRONBACH, Lee J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **psychometrika**, Springer, v. 16, n. 3, p. 297–334, 1951. Citado na página 68.

EMBRETSON, Susan E; REISE, Steven P. **Item response theory**. [S.l.]: Psychology Press, 2000. Citado na página 45.

FERNÁNDEZ, José Muniz *et al.* **Teoría de respuesta a los ítems: un nuevo enfoque en la evolución [ie evaluación] psicológica y educativa**. [S.l.]: Pirámide, 1990. Citado 3 vezes nas páginas 45, 48 e 66.

FERNÁNDEZ, José Muñiz *et al.* **Introducción a la teoría de respuesta a los ítems**. [S.l.]: Pirámide, 1997. Citado na página 42.

FERREIRA, Edvair Alves. **Teoria de Resposta ao Item–TRI: análise de algumas questões do ENEM: habilidades 24 a 30**. 2018. Dissertação (Mestrado), 2018. Citado 5 vezes nas páginas 62, 63, 65, 74 e 92.

FLORA, David B. Your coefficient alpha is probably wrong, but which coefficient omega is right? a tutorial on using r to obtain better reliability estimates. **Advances in Methods and Practices in Psychological Science**, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 3, n. 4, p. 484–501, 2020. Citado na página 68.

FREITAS, André Luís Policani; RODRIGUES, Sidilene Gonçalves. **A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach**. [S.l.]: Psychology Press, 2005. Citado 5 vezes nas páginas 64, 74, 75, 81 e 87.

FRIAS, Jorge Luiz Dias. **Uma ferramenta para a obtenção e análise de dados do ENEM**. 2015. Dissertação (Mestrado) — PUC-Rio, 2015. Citado na página 40.

GATTI, Bernadete Angelina. A construção metodológica da pesquisa em educação: desafios. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação-Periódico científico editado pela ANPAE**, v. 28, n. 1, 2012. Citado na página 53.

GOMES, Cristiano Mauro Assis; GOLINO, Hudson Fernandes; PERES, Alexandre José de Souza. Fidedignidade dos escores do exame nacional do ensino médio (ENEM). **Psico**, EDIPUCRS, v. 51, n. 2, p. e31145, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15448/1980-8623.2020.2.31145>. Citado na página 68.

GUEWEHR, Katrine. **Teoria da resposta ao item na avaliação de qualidade de vida de idosos**. 2007. Dissertação (Mestrado), 2007. Citado 2 vezes nas páginas 45 e 46.

HU, Li-tze; BENTLER, Peter M. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. **Structural equation modeling: a multidisciplinary journal**, Taylor & Francis, v. 6, n. 1, p. 1–55, 1999. Citado na página 68.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - População/Santarém**. 2022. Acesso em: 18 de Jan. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/panorama>. Citado na página 30.

JORGENSEN, Terrence D. *et al.* **Package ‘semTools’**. [S.l.], 2022. Acesso em: 01 de Ago. 2020. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/semTools/semTools.pdf>. Citado na página 68.

JUNIOR, Wanderley Paulo Gonçalves; BARROSO, Marta Feijó. Enem: Os itens e o desempenho dos estudantes em 2009. 2012. Citado 5 vezes nas páginas 29, 34, 37, 38 e 39.

JÚNIOR, Wanderley P Gonçalves; BARROSO, Marta F. As questões de física e o desempenho dos estudantes no enem. **Revista Brasileira de Ensino de física**, SciELO Brasil, v. 36, p. 1–16, 2014. Citado na página 40.

KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior. Matemática como estruturante e física como motivação: uma análise de concepções sobre as relações entre matemática e física. In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. [S.l.: s.n.], 2007. Citado na página 31.

KLEIN, Ruben. Utilização da teoria de resposta ao item no sistema nacional de avaliação da educação básica (saeb). **Revista Meta: Avaliação**, v. 1, n. 2, p. 125–140, 2009. Citado na página 44.

KLEIN, Ruben; FONTANIVE, Nilma. Avaliação em larga escala: uma proposta inovadora. **Em aberto**, v. 15, n. 66, p. 29–34, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

KLEINKE, Maurício Urban. Influência do status socioeconômico no desempenho dos estudantes nos itens de física do enem 2012. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, 2017. Citado 4 vezes nas páginas 94, 95, 96 e 131.

LEMOS, Apollo da Silva; HERNANDES, Jesusney Silva. Uma análise das questões de física do novo enem. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 10, p. 21–46, 2018. Citado na página 28.

LI, Cheng-Hsien. **Confirmatory factor analysis with ordinal data: Comparing robust maximum likelihood and diagonally weighted least squares**. [S.l.: s.n.], 2016. v. 48. 936–949 p. Citado na página 67.

LORD, Frederic. **A theory of test scores**. [S.l.: s.n.], 1952. Citado na página 64.

LORD, F. M. **Applications of Item Response Theory To Practical Testing Problems**. [S.l.]: Routledge, 1980. Citado na página 42.

MARCOM, Guilherme Stecca. **O ENEM, Indicadores Formativos e Ensino de Física**. 2019. Tese (Doutorado), Campinas, SP, 2019. Citado 6 vezes nas páginas 24, 28, 30, 31, 129 e 131.

MARCOM, Guilherme Stecca; KLEINKE, Maurício Urban. Análises dos distratores das questões de física em exames de larga escala. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 33, n. 1, p. 72–91, 2016. Citado 5 vezes nas páginas 27, 28, 38, 128 e 129.

- MARCOM, Guilherme Stecca; KLEINKE, Maurício Urban. Indicadores formativos para o ensino de física através do exame nacional do ensino médio (ENEM). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 38, n. 3, p. 1388–1419, dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e77046>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 99.
- MATSUNAGA, Lucas Heiki. **O que é psicometria?** 2022. Acesso em: 15 de Mai. 2022. Disponível em: <https://ibpad.com.br/comunicacao/o-que-e-psicometria/>. Citado na página 41.
- MCDONALD, Roderick P. **Test theory: A unified treatment**. [S.l.]: psychology press, 2013. Citado na página 68.
- MCNEISH, Daniel. Thanks coefficient alpha, we'll take it from here. **Psychological methods**, American Psychological Association, v. 23, n. 3, p. 412, 2018. Citado na página 68.
- MENEGOTTO, José Carlos; FILHO, João Bernardes da Rocha. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 2, p. 298–312, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 24.
- MOREIRA, Cristina Régia Barreto. Psicometria: limitações e avanços. In: **Discursos Interdisciplinares por uma Educação Transformadora**. FAMEN, 2020. p. 123–134. Acesso em: 10 de Jan. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36470/famen.2020.l4c11>. Citado na página 42.
- MUNIZ, Fernández. **Teoria Clasica de Los Tests**. [S.l.]: Pirâmide, 1994. Citado na página 43.
- NARDI, Roberto. **A PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**. [S.l.]: Escrituras, 1998. Citado na página 23.
- NASCIMENTO, Matheus Monteiro. **O acesso ao ensino superior público brasileiro: um estudo quantitativo a partir dos microdados do Exame Nacional do Ensino Médio**. 2019. Tese (Doutorado), 2019. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 92.
- PASQUALI, Luiz. **Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento**. [S.l.: s.n.], 1996. Citado na página 42.
- PASQUALI, Luiz. **Psicometria: teoria e aplicações: a teoria clássica dos testes psicológicos**. [S.l.]: Ed. da UnB, 1997. Citado na página 41.
- PASQUALI, L. Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação (1 edn.: Vozes). 2003. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 43.
- PASQUALI, Luiz. Psychometrics. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, SciELO Brasil, v. 43, p. 992–999, 2009. Citado 4 vezes nas páginas 41, 42, 43 e 70.
- PASQUALI, L. **Psicometria: Teoria dos testes na psicologia e na educação (Edição: 4 a)**. [S.l.: s.n.], 2011. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 41.
- PASQUALI, Luiz. **Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação**. [S.l.]: Editora Vozes Limitada, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 70 e 74.

PASQUALI, Luiz; PRIMI, Ricardo. Fundamentos da teoria da resposta ao item: Tri. **Avaliação Psicológica: Interamerican Journal of Psychological Assessment**, Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica (IBAP), v. 2, n. 2, p. 99–110, 2003. Citado 4 vezes nas páginas 46, 47, 48 e 49.

POINCARÉ, Henri. **O Valor Da Ciencia**. [S.l.]: Contraponto, 1995. Citado na página 31.

PRIMI, Ricardo. Psicometria: fundamentos matemáticos da teoria clássica dos testes. **Avaliação Psicológica**, Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica, v. 11, n. 2, p. 297–307, 2012. Citado na página 73.

QEDU. **Pará: Aprendizado | QEDU**. 2022. Acesso em: 01 de Out. 2022. Disponível em: <https://qedu.org.br/uf/15-para/aprendizado>. Citado na página 32.

QUARESMA, Edilan de Sant'Ana. **Modelagem para construção de escalas avaliativas e classificatórias em exames seletivos utilizando teoria da resposta ao item uni e multidimensional**. 2014. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 49, 50 e 64.

QUARESMA, Edilan de Sant Ana; DIAS, Carlos Tadeu dos Santos; BARBETTA, Pedro Alberto. Escalas avaliativas e classificatórias em exames seletivos: uma abordagem utilizando a teoria da resposta ao item. 2019. Citado na página 37.

R CORE TEAM. **R (4.2). [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing**. [S.l.], 2022. Acesso em: 01 de Jan. 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/>. Citado 2 vezes nas páginas 53 e 59.

REVELLE, William. **psych: Procedures for Psychological, Psychometric, and Personality Research**. Evanston, Illinois, 2022. R package version 2.2.9. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=psych>. Citado na página 61.

RIGOTTI, José Irineu Rangel; CERQUEIRA, César Augusto. As bases de dados do inep e os indicadores educacionais: conceitos e aplicações. **Livros**, p. 71–88, 2015. Citado na página 34.

RIZOPOULOS, Dimitris. ltm: An r package for latent variable modelling and item response theory analyses. **Journal of Statistical Software**, v. 17, n. 5, p. 1–25, 2006. Acesso em: 01 de Ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18637/jss.v017.i05>. Citado na página 61.

RIZOPOULOS, Dimitris. **Latent Trait Models under IRT**. [S.l.], 2022. Acesso em: 02 de Mar. 2022. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ltm/index.html>. Citado na página 61.

RODRIGUES, Margarida MM. Proposta de análise de itens das provas do sob a perspectiva pedagógica e a psicométrica. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 17, n. 34, p. 43–78, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 66, 67 e 70.

RODRIGUES, Rogério. **Aplicação da teoria da resposta ao item na avaliação das habilidades matemáticas em alunos do ensino médio de uma escola de belo horizonte**. 2016. 2016. Dissertação (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 44.

ROSA, Cleci Werner; ROSA, Álvaro Becker. Ensino de física: objetivos e imposições no ensino médio. 2005. Citado 3 vezes nas páginas 22, 23 e 24.

ROSSEEL, Yves. **lavaan: An R Package for Structural Equation Modeling**. [S.l.], 2012. v. 48, n. 2, 1–36 p. Acesso em: 01 de Dez. 2021. Citado na página 68.

RSTUDIO TEAM. **RStudio: Integrated Development Environment for R**. Boston, MA, 2020. Acesso em: 06 de Jun. 2020. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>. Citado 2 vezes nas páginas 53 e 60.

RUBINI, Gustavo Motta. **O que o Enem revela sobre a Aprendizagem em Física na Educação Básica**. 2019. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019. Citado 8 vezes nas páginas 28, 29, 70, 71, 82, 83, 99 e 129.

SALSA, Ivone da Silva; RAMOS, Iloneide Carlos de Oliveira; SANTOS, Raquel Basílio. Qual o recado dos erros em questões de estatística descritiva no enem 2016 para a educação básica? **VI CONEDU**, Fortaleza - CE, 2019. Citado na página 99.

SANTARÉM. **História de Santarém | Portal de Turismo de Santarém**. 2022. Acesso em: 25 de Jan. 2022. Disponível em: <https://turismo.santarem.pa.gov.br/historia-de-santarem>. Citado na página 30.

SANTOS, Clairton Lourenço *et al.* O impacto da pandemia na aprendizagem da matemática nas turmas de 9º ano de 2021 da rede municipal de canindé. **Revista Missioneira**, v. 24, n. 1, p. 21–33, 2022. Citado na página 43.

SILVA, Andrey Camurça da. **Análise Psicométrica e Pedagógica da prova da primeira fase da Obmep respondida por um grupo de alunos do 6º e 7º ano do ensino fundamental**. 2019. Monografia (TCC) — Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 30.

SILVA, Washington Luiz Godinho. **AValiação em Larga Escala como Política do Estado: um estudo comparativo entre a Teoria Clássica dos Testes e a Teoria da Resposta ao Item na Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas (OBMEP)**. 2019. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Oeste do Pará, 2019. Citado na página 30.

SILVA, Welton Nogueira da. **Análises e Reflexões sobre os objetos do conhecimento de matemática aplicados no Enem de 2017 no município de Santarém-Pa**. 2019. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, PA, 2019. Citado 9 vezes nas páginas 26, 30, 31, 32, 33, 39, 40, 67 e 109.

SOARES, Denilson Junio Marques. **Teoria clássica dos testes e teoria de resposta ao item aplicadas em uma avaliação de Matemática básica**. 2018. Dissertação (Mestrado), 2018. Citado 2 vezes nas páginas 62 e 74.

SOARES, Denilson Junio Marques. **Teoria clássica dos testes e teoria de resposta ao item aplicadas em uma avaliação de Matemática básica**. 2018. Dissertação (Mestrado), 2018. Citado na página 63.

SOARES, Denilson Junio Marques; SOARES, Talita Emidio Andrade; SANTOS, Wagner Dos. Análise da qualidade psicométrica da prova de matemática do exame nacional do ensino médio brasileiro de 2018. **Actualidades Investigativas en Educación**, <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>, v. 21, n. 1, p. 86–115, 2021. Citado 3 vezes nas páginas 50, 63 e 64.

SOUSA, Celia Maria Soares Gomes de; MOREIRA, Marco Antonio; MATHEUS, Thiago Alexandre Melo. A resolução de situações problemáticas experimentais em campos conceituais da física geral. **Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física (9.: 2004: Jaboticatubas, MG).[Anais]**, Jaboticatubas, MG, 2004. Citado na página 132.

SOUSA, Leandro Araujo de. **Análise comparativa do exame nacional do ensino médio (ENEM) via teoria clássica dos testes e teoria de resposta ao item**. 2019. Tese (Doutorado), 2019. Citado 10 vezes nas páginas 27, 48, 49, 50, 51, 53, 63, 64, 66 e 70.

Sousa Sobrinho, Aysllan de; RODRIGUES, Ana Paula. A física no exame nacional do ensino médio (enem). **Acta Tecnológica**, v. 14, n. 2, p. 57–73, 2019. Citado na página 23.

SOUZA, Tadeu Clair Fagundes. **Avaliação do ensino de física: um compromisso com a aprendizagem**. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 23.

SUDBRACK, Edite Maria; COCCO, Eliane Maria. Avaliação em larga escala no brasil: potencial indutor de qualidade? **Roteiro**, Editora Unoesc, v. 39, n. 2, p. 347–370, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 30, 34 e 36.

TAVARES, Cláudio Mendes. **A na avaliação em larga escala: Um estudo sobre o exame nacional de acesso ao mestrado profissional em matemática em Rede Nacional-PROFMAT**. 2014. Dissertação (Mestrado), 2014. Citado na página 65.

VALENTINI, Felipe *et al.* Confiabilidade dos índices fatoriais da wais-iii adaptada para a população brasileira. **Psicologia: teoria e prática**, Universidade Presbiteriana Mackenzie, v. 17, n. 2, p. 123–139, 2015. Citado na página 68.

VILLAR, Renato Pacheco. **Os itens de física do ENEM classificados por análise fatorial exploratória**. 2021. Tese (Doutorado), 2021. Citado 4 vezes nas páginas 24, 25, 27 e 43.

VIZZOTTO, Patrick Alves. As “piores” questões de física do enem: Uma análise psicométrica das edições de 2009 a 2019. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 44, 2022. Citado 9 vezes nas páginas 29, 39, 62, 63, 86, 87, 109, 129 e 130.

WALGER, Américo Agostinho Rodrigues *et al.* **Psicometria e educação: a obra de Isaías Alves**. 2006. Tese (Doutorado), 2006. Citado na página 42.

WICKHAM, Hadley. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York, 2016. Acesso em: 10 de Ago. 2020. ISBN 978-3-319-24277-4. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>. Citado na página 61.

WICKHAM, Hadley; BRYAN, Jennifer. **readxl: Read Excel Files**. [S.l.], 2022. Acesso em: 15 de Jul. 2020. Disponível em: <https://readxl.tidyverse.org>. Citado na página 61.

Apêndices

APÊNDICE A . CÓDIGOS EM R UTILIZADOS

```

1  #=====
2  # SCRIPT PARA ANÁLISE DA PROVA DE FÍSICA / ENEM 2019 - VIA TCT E TRI
3  #=====
4
5  #-----
6  # INSTALANDO PACOTES
7  #-----
8
9  install.packages("psych") # pacote para análise psicológica e estatística
10 install.packages("ltm") # pacote para análise de teoria de resposta ao item (TRI)
11 install.packages("ggplot2") # pacote para visualização de dados
12 install.packages("readxl") # pacote para leitura de arquivos do Excel
13 install.packages("itan") # pacote para análise de redes sociais
14 install.packages("reshape") # pacote para manipulação de dados
15 install.packages("mirt") # pacote para modelagem de resposta do item múltiplo (MIRT)
16 install.packages("CTT") # pacote para análise da teoria clássica dos testes (TCT)
17 install.packages("ggplot") # pacote para visualização de dados
18 install.packages("cowplot") # pacote para construir gráficos complexos
19 install.packages("lavaan") # pacote para modelagem de equações estruturais
20 install.packages("semTools") # pacote para modelagem de equações estruturais
21 install.packages("semPlot") # pacote para visualização de modelos de equações
    estruturais
22 install.packages("dplyr") # pacote para manipulação de dados
23
24
25 #-----
26 # CONFIGURAÇÃO
27 #-----
28
29 # Limpa a memória, removendo os objetos criados anteriormente
30 rm(list = ls (all = TRUE))
31 gc()
32
33 # Aumentando o limite de memória disponível para o R
34 memory.limit(24576)
35
36
37 # Definindo o local/pasta de trabalho
38 setwd("C:")
39 # Ou se o arquivo estiver em uma pasta,
40 # lembre-se de colocar o caminho completo e usando a barra ("/").
41 # Exemplo:
42 #setwd("C:/DADOS2")
43
44
45 #-----
46 # INSTACIANDO AS BIBLIOTECAS
47 #-----
48 library(CTT)
49 library(ltm)
50 library(psych)
51 library(mirt)
52 library(ggplot2)

```

```

53
54 library(reshape)
55 library(itan)
56 library(cowplot)
57 library(lavaan)
58 library(dplyr)
59 library(semTools)
60 library(semPlot)
61
62
63 #-----
64 # EXTRAÇÃO DOS DADOS - FILTRANDO OS DADOS DOS ESTUDANTES DE SANTARÉM
65 #-----
66
67 # Lendo o arquivo com os microdados do Enem
68 dadosEnem2019 <- read.csv("MICRODADOS_ENEM_2019.csv", as.is = TRUE, skip = 0,
69                          header = T, sep = ";")
70
71
72 # Filtrando dados referente à cidade de Santarém
73 # usando o código da cidade e informando o número da coluna onde aplicaremos
74 # o filtro (antes é preciso confirmar para saber em qual coluna está o
75 # código do município).
76 dadosEnem2019_Santarem <- subset(dadosEnem2019, dadosEnem2019[20]=="1506807")
77
78
79 #Salvando os dados dos alunos de santarém em um novo banco de dados
80 write.table(dadosEnem2019_Santarem, file = "C:/dados_fisica_enem2019_santarem_pa.csv",
81            sep = ";", na = "valor.ausente", quote = TRUE)
82
83 # Depois deste passo acima, o arquivo "dados_fisica_enem2019_santarem_pa.csv"
84 # foi editado e foi inserido uma linha acima, onde foi colocado o gabarito,
85 # para que tudo ficasse em um mesmo banco, conforme explicamos
86 # na seção COLETA DE DADOS. Este passo também poderia ter sido feito diretamente
87 # via Script no R.
88
89 #-----
90 #1) Carregando os dados referentes aos itens e o gabarito oficial do Enem 2019
91 #-----
92
93 #Lendo os dados
94 dados <- read.csv("dados_fisica_enem2019_santarem_pa.csv",
95                  as.is = TRUE, skip = 0, header = T, sep = ";")
96
97 #Visualizando os dados
98 View(dados)
99
100
101 #-----
102 #2) Dicotomizando a base de dados
103 #-----
104
105 #2.1) Separa apenas os dados referentes aos alunos, retirando a linha do gabarito
106 dados1 = as.matrix(dados[-1,-1])
107 dados1
108
109 #2.2) Obtém apenas a linha do gabarito e salva separadamente
110 gabarito=as.character(as.matrix(dados[1,-1]))
111
112 #Visualizando o gabarito
113 gabarito
114
115 #2.3) A função "mult.choice" compara as respostas dos alunos com o gabarito
116 # e gera um novo objeto com os dados dicotomizados, onde aparece 1 para o item
117 # que o candidato acertou e 0 para o item errado.
118 certame <- mult.choice(dados1, gabarito)
119 View(certame)
120
121
122 #2.5) Removendo as linhas com valores ausentes
123 dados_sna<- na.omit(certame)
124 dados_sna
125

```

```

126
127 #-----
128 #3) Calculando índices via TCT
129 #-----
130
131 #3.0) A função "descript" gera tabelas com as estatísticas descritivas básicas
132 # incluindo proporção de acertos, correlação ponto-bisserial e Aplha de Cronbach
133 certame.desc <- descript(certame)
134 certame.desc
135
136 #3.1) Calculando o escore empírico dos alunos
137 notas <- rowSums(dados_sna)
138 notas
139
140 #3.1.1) Resumo dos resultados clássicos obtidos
141 summary(notas)
142
143 #3.1.2) Construindo o gráfico de frequências
144 AcerIt=colSums(dados_sna)
145 ex=as.numeric(names(table(rowSums(dados_sna) ) ) )
146 ey=prop.table(table(rowSums(dados_sna) ) ) [1:length(names(table(rowSums(dados_sna) )
) ) ]
147 mean(notas)
148 sd(notas)
149 max(notas)
150 min(notas)
151
152 #Plotando o gráfico de frequências
153 x=seq(0,12,0.01)
154 plot(x,dnorm(x,mean(notas),sd(notas)),type="l",xlim=c(0,12),
155      ylim=c(0,max(max(dnorm(x,mean(notas),sd(notas)),max(ey)))*1.2),
156      axes=F,ylab="Porcentagem",xlab="Número de acertos",col="blue")
157 axis(1,pos=0,at=seq(0,12,1))
158 axis(2,pos=0,at=seq(0,max(max(dnorm(x,mean(notas),sd(notas)),max(ey)))*1.2,0.01))
159 lines(ex,ey,type="h" )
160 legend("topright",paste("Média de acertos:",round(mean(notas),2),"; Variância: ",
161                        round(var(notas),2),
162                        " ",sep=""),box.lty=0,lty=1,col=4)
163
164
165 #3.2) Classificando os itens quanto ao poder discriminativo
166 # Esta análise de consistência interna utiliza o método de correlação
167 # policórica (polychoric correlation).
168
169 cpbs<- c()
170 for (j in 15:1) {
171   bicor<- biserial.cor(rowSums(dados_sna[-1,]), dados_sna[-1,j],level=2)
172   cpbs<- rbind(bicor, cpbs)
173 }
174
175 correlacao.pbs <- data.frame(item=1:15, cpbs)
176 clas.pbs <- data.frame(correlacao.pbs, classificacao = 0)
177
178 for (i in 1:15) {
179   ifelse(clas.pbs[i,2]<0.2,
180         clas.pbs[i,3]<-"Item deficiente, deve ser rejeitado",
181         ifelse(clas.pbs[i,2]< 0.3,
182               clas.pbs[i,3]<-"Item marginal, sujeito a reelaboração",
183               ifelse(clas.pbs[i,2]< 0.4,
184                     clas.pbs[i,3]<-"Item bom, mas sujeito a aprimoramento",
185                     clas.pbs[i,3]<-"Item bom" )))}
186
187
188 # Este código agrupa o data frame clas.pbs pela coluna classificacao,
189 # calcula o número de observações em cada grupo e calcula a porcentagem
190 # de observações em cada grupo, armazenando esses resultados no novo
191 # data frame clas.pbs.perc.
192 clas.pbs.perc <- clas.pbs %>%
193   group_by(classificacao) %>%
194   summarize(n = n()) %>%
195   mutate(perc = prop.table(n) * 100)
196
197 # ordenar o data frame por porcentagem

```

```

198 clas.pbs.perc <- clas.pbs.perc[order(clas.pbs.perc$perc), ]
199
200 # Criando o gráfico de Porcentagem de itens por Classificação
201 ggplot(clas.pbs.perc, aes(x = reorder(classificacao, perc), y = perc)) +
202   geom_col() +
203   labs(title = "Porcentagem de Itens por Classificação", x = "Classificação",
204         y = "Porcentagem") +
205   scale_y_continuous(limits = c(0, 100)) +
206   geom_text(aes(label = paste0(round(perc, 1), "%")), hjust = -0.1, size = 3.5) +
207   theme_minimal() +
208   coord_flip()
209
210
211
212 #-----
213 #3.3) Análise Gráfica do Item (AGI)
214 #-----
215
216 # Lendo os dados novamente. Aqui poderíamos ter usado os mesmos dados
217 # usados acima. Mas, preferimos separar e deixar em objetos diferentes.
218 dd <- read.csv2("dados_fisica_enem2019_santarem_pa.csv", header = TRUE, sep = ";",
219               quote = "\"",
220               dec = ",", fill = TRUE, comment.char = "")
221
222
223 #3.3.1) Separa apenas os dados referentes aos alunos, retirando a linha do Gabarito.
224 certamel = as.matrix(dd[-1,-1])
225
226 certamel #visualiza de forma resumida
227 View(certamel) #visualização completa.
228
229 certamel = dd[-1,-1]
230 certamel
231 View(certamel)
232
233 #-----
234 # 3.3.2) PLOTANDO OS GRÁFICOS (AGI)
235 #-----
236
237 gabarito1= dd[1,-1]
238 gabarito1
239 #Cria um objeto "alternativas" com as letras de A a E.
240 alternativas <- LETTERS[1:5]
241 #abre uma nova janela
242 dev.new()
243 #realiza a análise dos itens utilizando o pacote "Agi"
244 q <- agi(certamel, gabarito1, alternativas, nGrupos = 4, digitos=2)
245
246
247 #Configurando o gráfico
248 p1 <- ggplot(data=certamel,
249             aes(x=factor(year), y=proportion.tasty,
250                 group=group,
251                 shape=group,
252                 color=group)) +
253   geom_line() +
254   ggtitle("Proportion Tasty by Year, Quality, and Group") +
255   theme(axis.text.x = element_text(angle = 90, vjust = .5)) + ##
256   #altera o angulo do texto - eixo x
257   geom_point() +
258   scale_x_discrete("Year") +
259   scale_y_continuous(breaks = NULL) +
260   labs(
261     x = "Score",
262     y = "Proporção dos estudantes",
263     title = "Item q1",
264   )
265
266
267 # Gerando os gráficos (item por item)
268
269 #Q1
270 q$Q1$plot + labs(

```

```

271     x = "Score",
272     y = "Proporção de respostas",
273     title = "Item Q1",
274 )
275
276 #Q2
277 q$Q2$plot + labs(
278     x = "Score",
279     y = "Proporção de respostas",
280     title = "Item Q2",
281 )
282
283 #Q3
284 q$Q3$plot + labs(
285     x = "Score",
286     y = "Proporção de respostas",
287     title = "Item Q3",
288 )
289
290 #Q4
291 q$Q4$plot + labs(
292     x = "Score",
293     y = "Proporção de respostas",
294     title = "Item Q4",
295 )
296
297 #Q5
298 q$Q5$plot + labs(
299     x = "Score",
300     y = "Proporção de respostas",
301     title = "Item Q5",
302 )
303
304 #Q6
305 q$Q6$plot + labs(
306     x = "Score",
307     y = "Proporção de respostas",
308     title = "Item Q6",
309 )
310
311 #Q7
312 q$Q7$plot + labs(
313     x = "Score",
314     y = "Proporção de respostas",
315     title = "Item Q7",
316 )
317
318 #Q8
319 q$Q8$plot + labs(
320     x = "Score",
321     y = "Proporção de respostas",
322     title = "Item Q8",
323 )
324
325 #Q9
326 q$Q9$plot + labs(
327     x = "Score",
328     y = "Proporção de respostas",
329     title = "Item Q9",
330 )
331
332 #Q10
333 q$Q10$plot + labs(
334     x = "Score",
335     y = "Proporção de respostas",
336     title = "Item Q10",
337 )
338
339 #Q11
340 q$Q11$plot + labs(

```

```

344     x = "Score",
345     y = "Proporção de respostas",
346     title = "Item Q11",
347 )
348
349 #Q12
350 q$Q12$plot + labs(
351     x = "Score",
352     y = "Proporção de respostas",
353     title = "Item Q12",
354 )
355
356 #Q13
357 q$Q13$plot + labs(
358     x = "Score",
359     y = "Proporção de respostas",
360     title = "Item Q13",
361 )
362
363 #Q14
364 q$Q14$plot + labs(
365     x = "Score",
366     y = "Proporção de respostas",
367     title = "Item Q14",
368 )
369
370 #Q15
371 q$Q15$plot + labs(
372     x = "Score",
373     y = "Proporção de respostas",
374     title = "Item Q15",
375 )
376
377 #-----
378 #3.4) CALCULANDO AS FREQUÊNCIAS DAS ALTERNATIVAS
379 #-----
380
381 #Calcula a frequência de escolha e cada alternativa para cada item
382 calcularFrecuenciaAlternativas(
383     certamel,
384     alternativas,
385     clave = NULL,
386     frecuencia = FALSE,
387     digitos = 2
388 )
389
390 # Calculando as frequências das alternativas, em porcentagem,
391 # a partir da resposta correta.
392 calcularFrecuenciaAlternativas(certamel, alternativas, gabarito1, frecuencia=TRUE)
393
394 #3.4.1) GRÁFICOS DAS ALTERNATIVAS MAIS ESCOLHIDAS EM CADA ITEM
395 gfa <- graficarFrecuenciaAlternativas(certamel, alternativas, gabarito1)
396 dev.new()
397 gfa$Q1 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q1")
398 gfa$Q2 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q2")
399 gfa$Q3 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q3")
400 gfa$Q4 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q4")
401 gfa$Q5 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q5")
402 gfa$Q6 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q6")
403 gfa$Q7 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q7")
404 gfa$Q8 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q8")
405 gfa$Q9 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q9")
406 gfa$Q10 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q10")
407 gfa$Q11 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q11")
408 gfa$Q12 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q12")
409 gfa$Q13 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q13")
410 gfa$Q14 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q14")
411 gfa$Q15 + labs(y = "Frequência", title = "Item Q15")
412
413 #3.4.2) INDICE DE DIFICULDADES
414 respostasCorretas <- corrigirRespuestas(certamel, gabarito1)
415 p <- calcularIndiceDificultad(respostasCorretas)
416 item <- colnames(gabarito1)

```

```

417 cbind(item, p)
418
419
420 #3.5) Classificando os itens acordo com o índice de dificuldade
421 D <- c()
422 for(i in 1:15){
423   index <- sum(dados_sna[,i])/nrow(dados_sna)
424   D <- rbind(index, D)}
425 dif <- data.frame(D, Classificação=0)
426 for (i in 1:15) {
427   ifelse(dif[i,1]<0.3,
428     dif[i,2]<-"Difícil",
429     ifelse(dif[i,1]<= 0.7,
430       dif[i,2]<-"Média dificuldade",
431       dif[i,2]<-"Fácil"))}
432 dif
433
434
435 #3.6) Calculando a proporção de respostas por alternativa
436 prop <- c()
437 for(i in 1:15) {
438   it <- prop.table(table(dados_sna[-1,i]))
439   prop<- rbind(it, prop)
440 }
441 prop
442
443
444 #-----
445 # 4) Realizando a análise fatorial exploratória
446 #-----
447
448 # 4.1) Carregando os dados
449 dado <- read.csv("dados_dicotomizados_prova_de_fisica.csv", sep = ";")
450
451 str(dado)
452 summary(dado)
453
454 # 4.2) Renomeando as colunas
455 colnames(dado) <- c("i1", "i2", "i3", "i4", "i5",
456   "i6", "i7", "i8", "i9", "i10",
457   "i11", "i12", "i13", "i14", "i15")
458 names(dado)
459
460
461
462 # 4.3) Análise Fatorial Confirmatória da Prova de Física
463 # Modelo testado: uma variável latente explicando os 15 itens
464
465 #determinando que a variável latente "física" é determinada pelos 15 itens
466 modelo <- '
467 fisica =~ i1 + i2 + i3 + i4 + i5 +
468 i6 + i7 + i8 + i9 + i10 +
469 i11 + i12 + i13 + i14 + i15
470 '
471
472 #Ajustando o modelo de análise fatorial confirmatória (CFA), passando
473 # o "modelo" e o "dado" como parâmetro, indicando que as variáveis
474 # observadas estão ordenadas "T" e que o modelo usado será o
475 # WLSMV - Weighted Least Squares Mean and Variance adjusted
476 fit_modelo <- cfa(modelo, data = dado, ordered = T,
477   estimator = "WLSMV", std.lv = T)
478
479
480 # Usando a função "fitMeasures()" para calcular as medidas de ajuste do modelo
481 # especificada pelo objeto acima "fit_modelo". Os parâmetros recebidos foram:
482 # teste qui-quadrado de Pearson (chisq)
483 # número de graus de liberdade (df)
484 # índice de ajuste comparativo (CFI)
485 # erro padrão da raiz quadrada da aproximação média (RMSEA)
486 # seus intervalos de confiança inferior e superior (rmsea.ci.lower e rmsea.ci.upper)
487 # índice de ajuste incremental de Tucker-Lewis (TLI)
488 # a raiz média quadrática padronizada residual (SRMR).
489 fitMeasures(fit_modelo, fit.measures = c("chisq", "df", "cfi", "rmsea",

```

```

490         "rmsea.ci.lower", "rmsea.ci.upper",
491         "tli", "srmr"))
492
493 # Apresenta um resumo dos resultados da análise fatorial confirmatória
494 summary(fit_modelo, fit.measures = TRUE, standardized = T, rsquare = T)
495
496
497
498 # Diagrama do modelo
499 diagram_plot <- semPaths(fit_modelo,"std",layout="circle",residuals=F,
500                          sizeLat=20,sizeLat2=20,edge.color="black",edge.label.cex=1.4,
501                          mar=c(1.8, 1.8, 1.8, 1.8),esize=11,curvePivot = T,
502                          intercepts=F,thresholds = F,
503                          nCharNodes=0,sizeMan=9, edge.label.position=0.5)
504 # Melhora a visibilidade dos parâmetros
505 diagram_plot$graphAttributes$Edges$color <- rep("#000000FF", 18)
506 plot(diagram_plot)
507
508 # Cargas fatoriais do modelo
509 # O objeto abaixo seleciona as cargas fatoriais estandardizadas
510 cargas <- standardizedsolution(fit_modelo, type = "std.all")
511
512 # Estatística descritiva das cargas estandardizadas: média, desvio-padroa,
513 # mínimo e máximo
514 round(cargas[1:15, 1] %>% select("est.std") %>%
515       summarise(media = mean(abs(est.std)), desvio_p = sd(abs(est.std)),
516                 minimo = min(abs(est.std)), maximo = max(abs(est.std))), 2)
517
518
519 # Confiabilidade -----
520 # O cálculo correto da confiabilidade demanda que o fator nao apresente cargas
521 # negativas
522 # O modelo exibe dois itens com cargas negativas: i5 e i7
523 cargas[1:15, c(1:4)]
524
525 # Novo objeto modificado com duas novas colunas: i5 e i7 recodificados
526 # Nesses itens o 0 vira 1 e o 1 vira 0
527 dado$i5_inv <- c(i5_inv = recode(dado$i5, "1" = 0, "0" = 1))
528 dado$i7_inv <- c(i7_inv = recode(dado$i7, "1" = 0, "0" = 1))
529 str(dado)
530
531 # Novo modelo com os itens invertidos
532 modelo_reliability <- '
533 fisica =~ i1 + i2 + i3 + i4 + i5_inv +
534 i6 + i7_inv + i8 + i9 + i10 +
535 i11 + i12 + i13 + i14 + i15
536 '
537 fit_modelo_reliability <- cfa(modelo_reliability, data = dado,
538                              ordered = T, estimator = "WLSMV", std.lv = T)
539 summary(fit_modelo_reliability, fit.measures = TRUE, standardized = T, rsquare = T)
540 # Agora todas as cargas estao positivas
541
542 #Essa linha arredonda o valor da confiabilidade calculada usando a função
543 # "reliability" para duas casas decimais.
544 round(reliability(fit_modelo_reliability), 2)
545
546
547 #Cria a função necessária ao próximo comando
548
549 comp_reliability <- function(x) {
550   # Creating sum of beta loadings per factor
551   x1 <- data.frame(inspect(x,what="est")$lambda)
552   sum_loadings <- data.frame(apply(x1, 2, sum)^2)
553   colnames(sum_loadings) <- "Sum_beta_loadings"
554   sum_loadings$lhs <- rownames(sum_loadings)
555   # Extracting latent factor variance
556   v <- parameterEstimates(x)
557   v <- v[,1:4]
558   v$variance <- if_else(v$lhs == v$rhs,1,0)
559   v <- v %>%
560     filter(.data$op == "~=",
561            .data$variance == "1") %>%

```

```

562     select(.data$lhs, .data$est)
563 # Extracting distribution of items per factor
564 z<- parameterEstimates(x)
565 z <- z[,1:3]
566 z <- z %>%
567     filter(.data$op == "~") %>%
568     select(-.data$op)
569 z <- left_join(z,v, by = "lhs")
570 # Creating sum of error variance per factor
571 y <- data.frame(inspect(x,what="est")$theta)
572 y$max <- apply(y,2,max)
573 y <- y %>%
574     select(max)
575 y$rhs <- rownames(y)
576 yz <- left_join(z, y ,by = "rhs")
577 yz_sum <- yz %>%
578     dplyr::group_by(.data$lhs) %>%
579     dplyr::summarise(sum_error = sum(max),
580                     Item_number = dplyr::n(),
581                     variance_latent = mean(.data$est))
582 CR <- left_join(yz_sum,sum_loadings, by = "lhs")
583 # Amount of latent variables
584 var <- inspect(x)$psi
585 var <- ncol(var)
586 # Specify if there are error correlations
587 er <- parameterEstimates(x)
588 er <- er[,1:3]
589 er$covariance <- if_else(er$lhs != er$rhs,1,0)
590 er <- er %>%
591     filter(.data$op == "~",
592            .data$covariance == "1")
593 eval <- dim(er)[1] == var
594 if (eval == TRUE) {
595     CR$composite_reliability <- (CR$Sum_beta_loadings*CR$variance_latent) /
596     (CR$Sum_beta_loadings*CR$variance_latent + CR$sum_error)
597 } else {
598     CR$composite_reliability_ec <- (CR$Sum_beta_loadings*CR$variance_latent) /
599     (CR$Sum_beta_loadings*CR$variance_latent + CR$sum_error + 2*CR$sum_error)
600 }
601 CR <- CR[,c(1,6)]
602 CR
603 }
604
605
606 # Mostrando o resultado da confiabilidade composta = 0.18.
607 comp_reliability(fit_modelo_reliability)
608
609
610
611 #-----
612 # 5) Analisando os dados à luz da TRI com pacote LTM
613 #-----
614
615 #5.1) Aplicando o modelo ML1 à matriz de dados chamada "certame", onde
616 #estão nossos dados, conforme ajustamos no início deste código.
617 modml1 <- rasch(certame, constraint = cbind(ncol(certame) + 1, 1))
618 modml1
619
620 #Plota o gráfico do modelo ML1
621 plot(modml1, main = "Curvas Características dos itens",
622       sub = "Dados obtidos usando o modelo ML1",
623       xlab = "Habilidade",
624       ylab = "Probabilidade")
625
626 #-----
627 #Plota o gráfico do modelo ML1, considerando cada item específico.
628 #-----
629 plot(modml1, items = 1,
630       main = "Curva Característica do Item Q1",
631       xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
632
633 plot(modml1, items = 2,
634       main = "Curva Característica do Item Q2",

```

```

635     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
636
637 plot(modml1, items = 3,
638     main = "Curva Característica do Item Q3",
639     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
640
641 plot(modml1, items = 4,
642     main = "Curva Característica do Item Q4",
643     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
644
645 plot(modml1, items = 5,
646     main = "Curva Característica do Item Q5",
647     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
648
649 plot(modml1, items = 6,
650     main = "Curva Característica do Item Q6",
651     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
652
653 plot(modml1, items = 7,
654     main = "Curva Característica do Item Q7",
655     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
656
657 plot(modml1, items = 8,
658     main = "Curva Característica do Item Q8",
659     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
660
661 plot(modml1, items = 9,
662     main = "Curva Característica do Item Q9",
663     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
664
665 plot(modml1, items = 10,
666     main = "Curva Característica do Item Q10",
667     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
668
669 plot(modml1, items = 11,
670     main = "Curva Característica do Item Q11",
671     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
672
673 plot(modml1, items = 12,
674     main = "Curva Característica do Item Q12",
675     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
676
677 plot(modml1, items = 13,
678     main = "Curva Característica do Item Q13",
679     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
680
681 plot(modml1, items = 14,
682     main = "Curva Característica do Item Q14",
683     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
684
685 plot(modml1, items = 15,
686     main = "Curva Característica do Item Q15",
687     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
688
689 #-----
690 #5.2) Analisando os dados usando o modelo ML2
691 #-----
692 modml2 <- ltm(certame~z1)
693 modml2
694
695 #ML2 - Gráfico da Curva Característica (CCI) considerando todos os itens
696 plot(modml2, type="ICC", main = "Curvas Características dos itens",
697     sub = "Dados obtidos usando o modelo ML2",
698     xlab = "Habilidade",
699     ylab = "Probabilidade")
700
701 #ML2 - Gráfico de Informação de todos itens
702 plot(modml2, type="IIC", main = "Curvas de Informação do Item",
703     sub = "Dados obtidos usando o modelo ML2",
704     xlab = "Habilidade",
705     ylab = "Informação")
706
707

```

```

708 # Plota a CCI de cada item, usando o modelo ML2
709 # Item 1
710 plot(modml2, type = "ICC", items = 1,
711      main = "Curva Característica do Item Q1",
712      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
713
714 # Item 2
715 plot(modml2, type = "ICC", items = 2,
716      main = "Curva Característica do Item Q2",
717      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
718
719 # Item 3
720 plot(modml2, type = "ICC", items = 3,
721      main = "Curva Característica do Item Q3",
722      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
723
724 # Item 4
725 plot(modml2, type = "ICC", items = 4,
726      main = "Curva Característica do Item Q4",
727      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
728
729 # Item 5
730 plot(modml2, type = "ICC", items = 5,
731      main = "Curva Característica do Item Q5",
732      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
733
734 # Item 6
735 plot(modml2, type = "ICC", items = 6,
736      main = "Curva Característica do Item Q6",
737      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
738
739 # Item 7
740 plot(modml2, type = "ICC", items = 7,
741      main = "Curva Característica do Item Q7",
742      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
743
744 # Item 8
745 plot(modml2, type = "ICC", items = 8,
746      main = "Curva Característica do Item Q8",
747      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
748
749 # Item 9
750 plot(modml2, type = "ICC", items = 9,
751      main = "Curva Característica do Item Q9",
752      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
753
754 # Item 10
755 plot(modml2, type = "ICC", items = 10,
756      main = "Curva Característica do Item Q10",
757      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
758
759 # Item 11
760 plot(modml2, type = "ICC", items = 11,
761      main = "Curva Característica do Item Q11",
762      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
763
764 # Item 12
765 plot(modml2, type = "ICC", items = 12,
766      main = "Curva Característica do Item Q12",
767      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
768
769 # Item 13
770 plot(modml2, type = "ICC", items = 13,
771      main = "Curva Característica do Item Q13",
772      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
773
774 # Item 14
775 plot(modml2, type = "ICC", items = 14,
776      main = "Curva Característica do Item Q14",
777      xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
778
779 # Item 15
780 plot(modml2, type = "ICC", items = 15,

```

```

781     main = "Curva Característica do Item Q15",
782     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
783
784
785 # ML2 - Plotando o gráfico de informação considerando o conjunto de itens
786 plot(modml2, type = "IIC", items=0,
787      main = "Função de Informação do Teste",
788      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
789
790
791
792 # Plota a Curva de Informação do ML2 levando em conta um item específico.
793 # Curva de informação do item Q1
794 plot(modml2, type = "IIC", items=1,
795      main = "Curva de informação do item Q1",
796      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
797
798 # Curva de informação do item Q2
799 plot(modml2, type = "IIC", items=2,
800      main = "Curva de informação do item Q2",
801      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
802
803 # Curva de informação do item Q3
804 plot(modml2, type = "IIC", items=3,
805      main = "Curva de informação do item Q3",
806      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
807
808 # Curva de informação do item Q4
809 plot(modml2, type = "IIC", items=4,
810      main = "Curva de informação do item Q4",
811      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
812
813 # Curva de informação do item Q5
814 plot(modml2, type = "IIC", items=5,
815      main = "Curva de informação do item Q5",
816      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
817
818 # Curva de informação do item Q6
819 plot(modml2, type = "IIC", items=6,
820      main = "Curva de informação do item Q6",
821      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
822
823 # Curva de informação do item Q7
824 plot(modml2, type = "IIC", items=7,
825      main = "Curva de informação do item Q7",
826      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
827
828 # Curva de informação do item Q8
829 plot(modml2, type = "IIC", items=8,
830      main = "Curva de informação do item Q8",
831      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
832
833 # Curva de informação do item Q9
834 plot(modml2, type = "IIC", items=9,
835      main = "Curva de informação do item Q9",
836      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
837
838 # Curva de informação do item Q10
839 plot(modml2, type = "IIC", items=10,
840      main = "Curva de informação do item Q10",
841      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
842
843 # Curva de informação do item Q11
844 plot(modml2, type = "IIC", items=11,
845      main = "Curva de informação do item Q11",
846      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
847
848 # Curva de informação do item Q12
849 plot(modml2, type = "IIC", items=12,
850      main = "Curva de informação do item Q12",
851      xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
852
853 # Curva de informação do item Q13

```

```

854 plot(modml2, type="IIC", items=13,
855       main = "Curva de informação do item Q13",
856       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
857
858 # Curva de informação do item Q14
859 plot(modml2, type="IIC", items=14,
860       main = "Curva de informação do item Q14",
861       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
862
863 # Curva de informação do item Q15
864 plot(modml2, type="IIC", items=15,
865       main = "Curva de informação do item Q15",
866       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
867
868
869 # Mostrando o resumo das informações obtidas usando o Modelo ML2
870 resumoMl2<- summary(modml2)
871 resumoMl2
872
873 #-----
874 #5.3) Análise o Modelo ML3 da TRI
875 #-----
876
877 # Usando o modelo ML3, ajustado aos dados do "certame", usando
878 # o otimizador "nlminb".
879 modml3 <- tpm(certame, control = list(optimizer = "nlminb"))
880 modml3
881
882
883 # "ICC" refere-se às curvas características do item, pelo modelo ML3
884 plot(modml3, type="ICC", main = "Curvas Características dos itens",
885       sub = "Dados obtidos usando o modelo ML3",
886       xlab = "Habilidade",
887       ylab = "Probabilidade")
888
889 #Plotando sem os itens 5 e 7
890 plot(modml3, type="ICC", items=c(1,2,3,4,6,8,9,10,11,12,13),
891       legend=TRUE, main = "Curvas Características dos itens",
892       sub = "Dados obtidos usando o modelo ML3",
893       xlab = "Habilidade",
894       ylab = "Probabilidade"
895 )
896
897 # Plota a CCI do ML3 levando em conta cada item separadamente.
898 plot(modml3, type="ICC", items=1,
899       main = "Curva Característica do Item Q1",
900       xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
901
902 plot(modml3, type="ICC", items=2,
903       main = "Curva Característica do Item Q2",
904       xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
905
906 plot(modml3, type="ICC", items=3,
907       main = "Curva Característica do Item Q3",
908       xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
909
910 plot(modml3, type="ICC", items=4,
911       main = "Curva Característica do Item Q4",
912       xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
913
914 plot(modml3, type="ICC", items=5,
915       main = "Curva Característica do Item Q5",
916       xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
917
918 plot(modml3, type="ICC", items=6,
919       main = "Curva Característica do Item Q6",
920       xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
921
922 plot(modml3, type="ICC", items=7,
923       main = "Curva Característica do Item Q7",
924       xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
925
926 plot(modml3, type="ICC", items=8,

```

```

927     main = "Curva Característica do Item Q8",
928     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
929
930 plot(modml3, type = "ICC", items=9,
931     main = "Curva Característica do Item Q9",
932     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
933
934 plot(modml3, type = "ICC", items=10,
935     main = "Curva Característica do Item Q10",
936     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
937
938 plot(modml3, type = "ICC", items=11,
939     main = "Curva Característica do Item Q11",
940     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
941
942 plot(modml3, type = "ICC", items=12,
943     main = "Curva Característica do Item Q12",
944     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
945
946 plot(modml3, type = "ICC", items=13,
947     main = "Curva Característica do Item Q13",
948     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
949
950 plot(modml3, type = "ICC", items=14,
951     main = "Curva Característica do Item Q14",
952     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
953
954 plot(modml3, type = "ICC", items=15,
955     main = "Curva Característica do Item Q15",
956     xlab = "Habilidade", ylab = "Probabilidade")
957
958
959
960 #Curva de Informação do Item - pelo modelo ML3
961 plot(modml3, type = "IIC",
962     main = "Curvas de informação dos itens",
963     sub= "Utilizando dados obtidos pelo modelo ML3",
964     xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
965
966 #Plotando sem os itens 5 e 7
967 plot(modml3, type = "IIC", items=c(1,2,3,4,6,8,9,10,11,12,13),
968     legend=TRUE, main = "Curvas de informação dos itens",
969     sub= "Utilizando dados obtidos pelo modelo ML3",
970     xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
971
972 # ML3 - Curva de informação do item Q1
973 plot(modml3, type = "IIC", items=1,
974     main = "Curva de informação do item Q1",
975     xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
976
977 # Plota a Curva de Informação do ML3 levando em conta um item específico.
978
979 # Curva de informação do item Q1
980 plot(modml3, type = "IIC", items=1,
981     main = "Curva de informação do item Q1",
982     xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
983
984 # Curva de informação do item Q2
985 plot(modml3, type = "IIC", items=2,
986     main = "Curva de informação do item Q2",
987     xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
988
989 # Curva de informação do item Q3
990 plot(modml3, type = "IIC", items=3,
991     main = "Curva de informação do item Q3",
992     xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
993
994 # Curva de informação do item Q4
995 plot(modml3, type = "IIC", items=4,
996     main = "Curva de informação do item Q4",
997     xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
998
999 # Curva de informação do item Q5

```

```

1000 plot(modml3, type ="IIC", items=5,
1001       main = "Curva de informação do item Q5",
1002       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1003
1004 # Curva de informação do item Q6
1005 plot(modml3, type ="IIC", items=6,
1006       main = "Curva de informação do item Q6",
1007       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1008
1009 # Curva de informação do item Q7
1010 plot(modml3, type ="IIC", items=7,
1011       main = "Curva de informação do item Q7",
1012       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1013
1014 # Curva de informação do item Q8
1015 plot(modml3, type ="IIC", items=8,
1016       main = "Curva de informação do item Q8",
1017       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1018
1019 # Curva de informação do item Q9
1020 plot(modml3, type ="IIC", items=9,
1021       main = "Curva de informação do item Q9",
1022       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1023
1024 # Curva de informação do item Q10
1025 plot(modml3, type ="IIC", items=10,
1026       main = "Curva de informação do item Q10",
1027       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1028
1029 # Curva de informação do item Q11
1030 plot(modml3, type ="IIC", items=11,
1031       main = "Curva de informação do item Q11",
1032       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1033
1034 # Curva de informação do item Q12
1035 plot(modml3, type ="IIC", items=12,
1036       main = "Curva de informação do item Q12",
1037       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1038
1039 # Curva de informação do item Q13
1040 plot(modml3, type ="IIC", items=13,
1041       main = "Curva de informação do item Q13",
1042       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1043
1044 # Curva de informação do item Q14
1045 plot(modml3, type ="IIC", items=14,
1046       main = "Curva de informação do item Q14",
1047       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1048
1049 # Curva de informação do item Q15
1050 plot(modml3, type ="IIC", items=15,
1051       main = "Curva de informação do item Q15",
1052       xlab = "Habilidade", ylab = "Informação")
1053
1054 #-----
1055 #5.4) Comparação entre os modelos
1056 # Na dissertação expliquei porque não utilizei esta comparação
1057 # Todavia, para fins de pesquisa, deixei aqui pois poderá ser
1058 # importante em pesquisas futuras.
1059 #-----
1060
1061 #Compara o Rash(ML1) com o M2
1062 anova(modrasch, modml2)
1063
1064
1065 # Compara o ML2 com o ML3
1066 #Observando a tabela, o modelo modml3 apresenta menor valor de
1067 # AIC e BIC e maior valor de log-likelihood, o que indica que
1068 #ele é o modelo preferível em relação ao modelo modml2.
1069 # Além disso, o teste de razão de verossimilhança (LRT)
1070 # indica que há diferença significativa entre os modelos, com p-valor menor que 0.001.
1071 anova(modml2, modml3)
1072

```

```

1073
1074 #-----
1075 #6 ) ANALISANDO OS DADOS SEM OS ITENS Q5 e Q7
1076 #-----
1077
1078 # Retirando os itens Q5 e Q7 e mantendo os demais
1079 certameFiltrado <- certame[, c(1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)]
1080
1081 # Gerando as tabelas com as estatísticas descritivas básicas
1082 certame2.desc <- descript(certameFiltrado)
1083
1084 # Visualizando as informações obtidas pela linha de código acima
1085 # O Alpha de Cronbach melhorou pouca coisa, passando para 0.2401
1086 # e antes de retirar os itens este coeficiente era de 0,1921
1087 certame2.desc
1088
1089 #Anasalindo os dados usando os modelos ML2, ML2 e ML3, após retirar os itens Q5 e Q7
1090
1091 #ML1
1092 modml1_SemQ5eQ7 <- rasch(certameFiltrado, constraint = cbind(ncol(certameFiltrado)
1093 + 1, 1))
1094 modml1_SemQ5eQ7
1095
1096 #ML2
1097 modml2_SemQ5eQ7 <- ltm(certameFiltrado~z1)
1098 modml2_SemQ5eQ7
1099
1100 #ML3
1101 modml3_SemQ5eQ7 <- tpm(certameFiltrado, control = list(optimizer = "nlminb"))
1102 modml3_SemQ5eQ7
1103
1104 #Comparando os modelos
1105 anova(modml2_SemQ5eQ7, modml3_SemQ5eQ7)
1106

```

Anexos

ANEXO A . MATRIZ DE REFERÊNCIA DO ENEM 2019



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA

MATRIZ DE REFERÊNCIA ENEM

EIXOS COGNITIVOS (comuns a todas as áreas de conhecimento)

- I. **Dominar linguagens (DL):** dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
- II. **Compreender fenômenos (CF):** construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
- III. **Enfrentar situações-problema (SP):** selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
- IV. **Construir argumentação (CA):** relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
- V. **Elaborar propostas (EP):** recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

Matriz de Referência de Linguagens, Códigos e suas Tecnologias

Competência de área 1 - Aplicar as tecnologias da comunicação e da informação na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida.

H1 - Identificar as diferentes linguagens e seus recursos expressivos como elementos de caracterização dos sistemas de comunicação.

H2 - Recorrer aos conhecimentos sobre as linguagens dos sistemas de comunicação e informação para resolver problemas sociais.

H3 - Relacionar informações geradas nos sistemas de comunicação e informação, considerando a função social desses sistemas.

H4 - Reconhecer posições críticas aos usos sociais que são feitos das linguagens e dos sistemas de comunicação e informação.

Competência de área 2 - Conhecer e usar língua(s) estrangeira(s) moderna(s) como instrumento de acesso a informações e a outras culturas e grupos sociais*.

H5 – Associar vocábulos e expressões de um texto em LEM ao seu tema.

H6 - Utilizar os conhecimentos da LEM e de seus mecanismos como meio de ampliar as possibilidades de acesso a informações, tecnologias e culturas.

H7 – Relacionar um texto em LEM, as estruturas linguísticas, sua função e seu uso social.

H8 - Reconhecer a importância da produção cultural em LEM como representação da diversidade cultural e linguística.

Competência de área 3 - Compreender e usar a linguagem corporal como relevante para a própria vida, integradora social e formadora da identidade.

H9 - Reconhecer as manifestações corporais de movimento como originárias de necessidades cotidianas de um grupo social.

H10 - Reconhecer a necessidade de transformação de hábitos corporais em função das necessidades cinestésicas.

H11 - Reconhecer a linguagem corporal como meio de interação social, considerando os limites de desempenho e as alternativas de adaptação para diferentes indivíduos.

Competência de área 4 - Compreender a arte como saber cultural e estético gerador de significação e integrador da organização do mundo e da própria identidade.

H12 - Reconhecer diferentes funções da arte, do trabalho da produção dos artistas em seus meios culturais.

H13 - Analisar as diversas produções artísticas como meio de explicar diferentes culturas, padrões de beleza e preconceitos.

H14 - Reconhecer o valor da diversidade artística e das inter-relações de elementos que se apresentam nas manifestações de vários grupos sociais e étnicos.

Competência de área 5 - Analisar, interpretar e aplicar recursos expressivos das linguagens, relacionando textos com seus contextos, mediante a natureza, função, organização, estrutura das manifestações, de acordo com as condições de produção e recepção.

H15 - Estabelecer relações entre o texto literário e o momento de sua produção, situando aspectos do contexto histórico, social e político.

H16 - Relacionar informações sobre concepções artísticas e procedimentos de construção do texto literário.

H17 - Reconhecer a presença de valores sociais e humanos atualizáveis e permanentes no patrimônio literário nacional.

Competência de área 6 - Compreender e usar os sistemas simbólicos das diferentes linguagens como meios de organização cognitiva da realidade pela constituição de significados, expressão, comunicação e informação.

H18 - Identificar os elementos que concorrem para a progressão temática e para a organização e estruturação de textos de diferentes gêneros e tipos.

H19 - Analisar a função da linguagem predominante nos textos em situações específicas de interlocução.

H20 - Reconhecer a importância do patrimônio linguístico para a preservação da memória e da identidade nacional.

Competência de área 7 - Confrontar opiniões e pontos de vista sobre as diferentes linguagens e suas manifestações específicas.

H21 - Reconhecer em textos de diferentes gêneros, recursos verbais e não-verbais utilizados com a finalidade de criar e mudar comportamentos e hábitos.

H22 - Relacionar, em diferentes textos, opiniões, temas, assuntos e recursos linguísticos.

H23 - Inferir em um texto quais são os objetivos de seu produtor e quem é seu público alvo, pela análise dos procedimentos argumentativos utilizados.

H24 - Reconhecer no texto estratégias argumentativas empregadas para o convencimento do público, tais como a intimidação, sedução, comoção, chantagem, entre outras.

Competência de área 8 - Compreender e usar a língua portuguesa como língua materna, geradora de significação e integradora da organização do mundo e da própria identidade.

H25 - Identificar, em textos de diferentes gêneros, as marcas linguísticas que singularizam as variedades linguísticas sociais, regionais e de registro.

H26 - Relacionar as variedades linguísticas a situações específicas de uso social.

H27 - Reconhecer os usos da norma padrão da língua portuguesa nas diferentes situações de comunicação.

Competência de área 9 - Entender os princípios, a natureza, a função e o impacto das tecnologias da comunicação e da informação na sua vida pessoal e social, no desenvolvimento do conhecimento, associando-o aos conhecimentos científicos, às linguagens que lhes dão suporte, às demais tecnologias, aos processos de produção e aos problemas que se propõem solucionar.

H28 - Reconhecer a função e o impacto social das diferentes tecnologias da comunicação e informação.

H29 - Identificar pela análise de suas linguagens, as tecnologias da comunicação e informação.

H30 - Relacionar as tecnologias de comunicação e informação ao desenvolvimento das sociedades e ao conhecimento que elas produzem.

Matriz de Referência de Matemática e suas Tecnologias

Competência de área 1 - Construir significados para os números naturais, inteiros, racionais e reais.

H1 - Reconhecer, no contexto social, diferentes significados e representações dos números e operações - naturais, inteiros, racionais ou reais.

H2 - Identificar padrões numéricos ou princípios de contagem.

H3 - Resolver situação-problema envolvendo conhecimentos numéricos.

H4 - Avaliar a razoabilidade de um resultado numérico na construção de argumentos sobre afirmações quantitativas.

H5 - Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos numéricos.

Competência de área 2 - Utilizar o conhecimento geométrico para realizar a leitura e a representação da realidade e agir sobre ela.

H6 - Interpretar a localização e a movimentação de pessoas/objetos no espaço tridimensional e sua representação no espaço bidimensional.

H7 - Identificar características de figuras planas ou espaciais.

H8 - Resolver situação-problema que envolva conhecimentos geométricos de espaço e forma.

H9 - Utilizar conhecimentos geométricos de espaço e forma na seleção de argumentos propostos como solução de problemas do cotidiano.

Competência de área 3 - Construir noções de grandezas e medidas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H10 - Identificar relações entre grandezas e unidades de medida.

H11 - Utilizar a noção de escalas na leitura de representação de situação do cotidiano.

H12 - Resolver situação-problema que envolva medidas de grandezas.

H13 - Avaliar o resultado de uma medição na construção de um argumento consistente.

H14 - Avaliar proposta de intervenção na realidade utilizando conhecimentos geométricos relacionados a grandezas e medidas.

Competência de área 4 - Construir noções de variação de grandezas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H15 - Identificar a relação de dependência entre grandezas.

H16 - Resolver situação-problema envolvendo a variação de grandezas, direta ou inversamente proporcionais.

H17 - Analisar informações envolvendo a variação de grandezas como recurso para a construção de argumentação.

H18 - Avaliar propostas de intervenção na realidade envolvendo variação de grandezas.

Competência de área 5 - Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas.

H19 - Identificar representações algébricas que expressem a relação entre grandezas.

H20 - Interpretar gráfico cartesiano que represente relações entre grandezas.

H21 - Resolver situação-problema cuja modelagem envolva conhecimentos algébricos.

H22 - Utilizar conhecimentos algébricos/geométricos como recurso para a construção de argumentação.

H23 - Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos algébricos.

Competência de área 6 - Interpretar informações de natureza científica e social obtidas da leitura de gráficos e tabelas, realizando previsão de tendência, extrapolação, interpolação e interpretação.

H24 - Utilizar informações expressas em gráficos ou tabelas para fazer inferências.

H25 - Resolver problema com dados apresentados em tabelas ou gráficos.

H26 - Analisar informações expressas em gráficos ou tabelas como recurso para a construção de argumentos.

Competência de área 7 - Compreender o caráter aleatório e não-determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculos de probabilidade para interpretar informações de variáveis apresentadas em uma distribuição estatística.

H27 - Calcular medidas de tendência central ou de dispersão de um conjunto de dados expressos em uma tabela de frequências de dados agrupados (não em classes) ou em gráficos.

H28 - Resolver situação-problema que envolva conhecimentos de estatística e probabilidade.

H29 - Utilizar conhecimentos de estatística e probabilidade como recurso para a construção de argumentação.

H30 - Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos de estatística e probabilidade.

Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H1 – Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.

H2 – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

H5 – Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.

H6 – Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.

H7 – Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

H8 – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

H9 – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

H10 – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

H11 – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

H12 – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

H13 – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

H14 – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.

H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da química para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H24 – Utilizar códigos e nomenclatura da química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

H25 – Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

H26 – Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

H27 – Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H28 – Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

H29 – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias primas ou produtos industriais.

H30 – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e a implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

Matriz de Referência de Ciências Humanas e suas Tecnologias

Competência de área 1 - Compreender os elementos culturais que constituem as identidades

H1 - Interpretar historicamente e/ou geograficamente fontes documentais acerca de aspectos da cultura.

H2 - Analisar a produção da memória pelas sociedades humanas.

H3 - Associar as manifestações culturais do presente aos seus processos históricos.

H4 - Comparar pontos de vista expressos em diferentes fontes sobre determinado aspecto da cultura.

H5 - Identificar as manifestações ou representações da diversidade do patrimônio cultural e artístico em diferentes sociedades.

Competência de área 2 - Compreender as transformações dos espaços geográficos como produto das relações socioeconômicas e culturais de poder.

H6 - Interpretar diferentes representações gráficas e cartográficas dos espaços geográficos.

H7 - Identificar os significados histórico-geográficos das relações de poder entre as nações

H8 - Analisar a ação dos estados nacionais no que se refere à dinâmica dos fluxos populacionais e no enfrentamento de problemas de ordem econômico-social.

H9 - Comparar o significado histórico-geográfico das organizações políticas e socioeconômicas em escala local, regional ou mundial.

H10 - Reconhecer a dinâmica da organização dos movimentos sociais e a importância da participação da coletividade na transformação da realidade histórico-geográfica.

Competência de área 3 - Compreender a produção e o papel histórico das instituições sociais, políticas e econômicas, associando-as aos diferentes grupos, conflitos e movimentos sociais.

H11 - Identificar registros de práticas de grupos sociais no tempo e no espaço.

H12 - Analisar o papel da justiça como instituição na organização das sociedades.

H13 - Analisar a atuação dos movimentos sociais que contribuíram para mudanças ou rupturas em processos de disputa pelo poder.

H14 - Comparar diferentes pontos de vista, presentes em textos analíticos e interpretativos, sobre situação ou fatos de natureza histórico-geográfica acerca das instituições sociais, políticas e econômicas.

H15 - Avaliar criticamente conflitos culturais, sociais, políticos, econômicos ou ambientais ao longo da história.

Competência de área 4 - Entender as transformações técnicas e tecnológicas e seu impacto nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social.

H16 - Identificar registros sobre o papel das técnicas e tecnologias na organização do trabalho e/ou da vida social.

H17 - Analisar fatores que explicam o impacto das novas tecnologias no processo de territorialização da produção.

H18 - Analisar diferentes processos de produção ou circulação de riquezas e suas implicações sócio-espaciais.

H19 - Reconhecer as transformações técnicas e tecnológicas que determinam as várias formas de uso e apropriação dos espaços rural e urbano.

H20 - Selecionar argumentos favoráveis ou contrários às modificações impostas pelas novas tecnologias à vida social e ao mundo do trabalho.

Competência de área 5 - Utilizar os conhecimentos históricos para compreender e valorizar os fundamentos da cidadania e da democracia, favorecendo uma atuação consciente do indivíduo na sociedade.

H21 - Identificar o papel dos meios de comunicação na construção da vida social.

H22 - Analisar as lutas sociais e conquistas obtidas no que se refere às mudanças nas legislações ou nas políticas públicas.

H23 - Analisar a importância dos valores éticos na estruturação política das sociedades.

H24 - Relacionar cidadania e democracia na organização das sociedades.

H25 – Identificar estratégias que promovam formas de inclusão social.

Competência de área 6 - Compreender a sociedade e a natureza, reconhecendo suas interações no espaço em diferentes contextos históricos e geográficos.

H26 - Identificar em fontes diversas o processo de ocupação dos meios físicos e as relações da vida humana com a paisagem.

H27 - Analisar de maneira crítica as interações da sociedade com o meio físico, levando em consideração aspectos históricos e(ou) geográficos.

H28 - Relacionar o uso das tecnologias com os impactos sócio-ambientais em diferentes contextos histórico-geográficos.

H29 - Reconhecer a função dos recursos naturais na produção do espaço geográfico, relacionando-os com as mudanças provocadas pelas ações humanas.

H30 - Avaliar as relações entre preservação e degradação da vida no planeta nas diferentes escalas.

ANEXO

Objetos de conhecimento associados às Matrizes de Referência

1. Linguagem, Códigos e suas Tecnologias

- **Estudo do texto: as sequências discursivas e os gêneros textuais no sistema de comunicação e informação** - modos de organização da composição textual; atividades de produção escrita e de leitura de textos gerados nas diferentes esferas sociais - públicas e privadas.
- **Estudo das práticas corporais: a linguagem corporal como integradora social e formadora de identidade** - *performance* corporal e identidades juvenis; possibilidades de vivência crítica e emancipada do lazer; mitos e verdades sobre os corpos masculino e feminino na sociedade atual; exercício físico e saúde; o corpo e a expressão artística e cultural; o corpo no mundo dos símbolos e como produção da cultura; práticas corporais e autonomia; condicionamentos e esforços físicos; o esporte; a dança; as lutas; os jogos; as brincadeiras.
- **Produção e recepção de textos artísticos: interpretação e representação do mundo para o fortalecimento dos processos de identidade e cidadania** – Artes Visuais: estrutura morfológica, sintática, o contexto da obra artística, o contexto da comunidade. Teatro: estrutura morfológica, sintática, o contexto da obra artística, o contexto da comunidade, as fontes de criação. Música: estrutura morfológica, sintática, o contexto da obra artística, o contexto da comunidade, as fontes de criação. Dança: estrutura morfológica, sintática, o contexto da obra artística, o contexto da comunidade, as fontes de criação. Conteúdos estruturantes das linguagens artísticas (Artes Visuais, Dança, Música, Teatro), elaborados a partir de suas estruturas morfológicas e sintáticas; inclusão, diversidade e multiculturalidade: a valorização da pluralidade expressada nas produções estéticas e artísticas das minorias sociais e dos portadores de necessidades especiais educacionais.
- **Estudo do texto literário: relações entre produção literária e processo social, concepções artísticas, procedimentos de construção e recepção de textos** - produção literária e processo social; processos de formação literária e de formação nacional; produção de textos literários, sua recepção e a constituição do patrimônio literário nacional; relações entre a dialética cosmopolitismo/localismo e a produção literária nacional;

elementos de continuidade e ruptura entre os diversos momentos da literatura brasileira; associações entre concepções artísticas e procedimentos de construção do texto literário em seus gêneros (épico/narrativo, lírico e dramático) e formas diversas.; articulações entre os recursos expressivos e estruturais do texto literário e o processo social relacionado ao momento de sua produção; representação literária: natureza, função, organização e estrutura do texto literário; relações entre literatura, outras artes e outros saberes.

• **Estudo dos aspectos linguísticos em diferentes textos: recursos expressivos da língua, procedimentos de construção e recepção de textos** - organização da macroestrutura semântica e a articulação entre idéias e proposições (relações lógico-semânticas).

• **Estudo do texto argumentativo, seus gêneros e recursos linguísticos: argumentação: tipo, gêneros e usos em língua portuguesa** - formas de apresentação de diferentes pontos de vista; organização e progressão textual; papéis sociais e comunicativos dos interlocutores, relação entre usos e propósitos comunicativos, função sociocomunicativa do gênero, aspectos da dimensão espaçotemporal em que se produz o texto.

• **Estudo dos aspectos linguísticos da língua portuguesa: usos da língua: norma culta e variação linguística** - uso dos recursos linguísticos em relação ao contexto em que o texto é constituído: elementos de referência pessoal, temporal, espacial, registro linguístico, grau de formalidade, seleção lexical, tempos e modos verbais; uso dos recursos linguísticos em processo de coesão textual: elementos de articulação das sequências dos textos ou à construção da micro estrutura do texto.

• **Estudo dos gêneros digitais: tecnologia da comunicação e informação: impacto e função social** - o texto literário típico da cultura de massa: o suporte textual em gêneros digitais; a caracterização dos interlocutores na comunicação tecnológica; os recursos linguísticos e os gêneros digitais; a função social das novas tecnologias.

2. Matemática e suas Tecnologias

- **Conhecimentos numéricos:** operações em conjuntos numéricos (naturais, inteiros, racionais e reais), desigualdades, divisibilidade, fatoração, razões e proporções, porcentagem e juros, relações de dependência entre grandezas, sequências e progressões, princípios de contagem.
- **Conhecimentos geométricos:** características das figuras geométricas planas e espaciais; grandezas, unidades de medida e escalas; comprimentos, áreas e volumes; ângulos; posições de retas; simetrias de figuras planas ou espaciais; congruência e semelhança de triângulos; teorema de Tales; relações métricas nos triângulos; circunferências; trigonometria do ângulo agudo.
- **Conhecimentos de estatística e probabilidade:** representação e análise de dados; medidas de tendência central (médias, moda e mediana); desvios e variância; noções de probabilidade.
- **Conhecimentos algébricos:** gráficos e funções; funções algébricas do 1.º e do 2.º grau, polinomiais, racionais, exponenciais e logarítmicas; equações e inequações; relações no ciclo trigonométrico e funções trigonométricas.
- **Conhecimentos algébricos/geométricos:** plano cartesiano; retas; circunferências; paralelismo e perpendicularidade, sistemas de equações.

3. Ciências da Natureza e suas Tecnologias

3.1 Física

- **Conhecimentos básicos e fundamentais** - Noções de ordem de grandeza. Notação Científica. Sistema Internacional de Unidades. Metodologia de investigação: a procura de regularidades e de sinais na interpretação física do mundo. Observações e mensurações: representação de grandezas físicas como grandezas mensuráveis. Ferramentas básicas: gráficos e vetores. Conceituação de grandezas vetoriais e escalares. Operações básicas com vetores.

- **O movimento, o equilíbrio e a descoberta de leis físicas** – Grandezas fundamentais da mecânica: tempo, espaço, velocidade e aceleração. Relação histórica entre força e movimento. Descrições do movimento e sua interpretação: quantificação do movimento e sua descrição matemática e gráfica. Casos especiais de movimentos e suas regularidades observáveis. Conceito de inércia. Noção de sistemas de referência inerciais e não inerciais. Noção dinâmica de massa e quantidade de movimento (momento linear). Força e variação da quantidade de movimento. Leis de Newton. Centro de massa e a idéia de ponto material. Conceito de forças externas e internas. Lei da conservação da quantidade de movimento (momento linear) e teorema do impulso. Momento de uma força (torque). Condições de equilíbrio estático de ponto material e de corpos rígidos. Força de atrito, força peso, força normal de contato e tração. Diagramas de forças. Identificação das forças que atuam nos movimentos circulares. Noção de força centrípeta e sua quantificação. A hidrostática: aspectos históricos e variáveis relevantes. Empuxo. Princípios de Pascal, Arquimedes e Stevin: condições de flutuação, relação entre diferença de nível e pressão hidrostática.

- **Energia, trabalho e potência** - Conceituação de trabalho, energia e potência. Conceito de energia potencial e de energia cinética. Conservação de energia mecânica e dissipação de energia. Trabalho da força gravitacional e energia potencial gravitacional. Forças conservativas e dissipativas.

- **A Mecânica e o funcionamento do Universo** - Força peso. Aceleração gravitacional. Lei da Gravitação Universal. Leis de Kepler. Movimentos de corpos celestes. Influência na Terra: marés e variações climáticas. Concepções históricas sobre a origem do universo e sua evolução.

- **Fenômenos Elétricos e Magnéticos** - Carga elétrica e corrente elétrica. Lei de Coulomb. Campo elétrico e potencial elétrico. Linhas de campo. Superfícies equipotenciais. Poder das pontas. Blindagem. Capacitores. Efeito Joule. Lei de Ohm. Resistência elétrica e resistividade. Relações entre grandezas elétricas: tensão, corrente, potência e energia. Circuitos elétricos simples. Correntes contínua e alternada. Medidores elétricos.

Representação gráfica de circuitos. Símbolos convencionais. Potência e consumo de energia em dispositivos elétricos. Campo magnético. Ímãs permanentes. Linhas de campo magnético. Campo magnético terrestre.

- **Oscilações, ondas, óptica e radiação** - Feixes e frentes de ondas. Reflexão e refração. Óptica geométrica: lentes e espelhos. Formação de imagens. Instrumentos ópticos simples. Fenômenos ondulatórios. Pulsos e ondas. Período, frequência, ciclo. Propagação: relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda. Ondas em diferentes meios de propagação.

- **O calor e os fenômenos térmicos** - Conceitos de calor e de temperatura. Escalas termométricas. Transferência de calor e equilíbrio térmico. Capacidade calorífica e calor específico. Condução do calor. Dilatação térmica. Mudanças de estado físico e calor latente de transformação. Comportamento de Gases ideais. Máquinas térmicas. Ciclo de Carnot. Leis da Termodinâmica. Aplicações e fenômenos térmicos de uso cotidiano. Compreensão de fenômenos climáticos relacionados ao ciclo da água.

3.2 Química

- **Transformações Químicas** - Evidências de transformações químicas. Interpretando transformações químicas. Sistemas Gasosos: Lei dos gases. Equação geral dos gases ideais, Princípio de Avogadro, conceito de molécula; massa molar, volume molar dos gases. Teoria cinética dos gases. Misturas gasosas. Modelo corpuscular da matéria. Modelo atômico de Dalton. Natureza elétrica da matéria: Modelo Atômico de Thomson, Rutherford, Rutherford-Bohr. Átomos e sua estrutura. Número atômico, número de massa, isótopos, massa atômica. Elementos químicos e Tabela Periódica. Reações químicas.

- **Representação das transformações químicas** - Fórmulas químicas. Balanceamento de equações químicas. Aspectos quantitativos das transformações químicas. Leis ponderais das reações químicas. Determinação de fórmulas químicas. Grandezas Químicas: massa, volume, mol, massa molar, constante de Avogadro. Cálculos estequiométricos.

- **Materiais, suas propriedades e usos** - Propriedades de materiais. Estados físicos de materiais. Mudanças de estado. Misturas: tipos e métodos de separação. Substâncias químicas: classificação e características gerais. Metais e Ligas metálicas. Ferro, cobre e alumínio. Ligações metálicas. Substâncias iônicas: características e propriedades. Substâncias iônicas do grupo: cloreto, carbonato, nitrato e sulfato. Ligação iônica. Substâncias moleculares: características e propriedades. Substâncias moleculares: H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 , NH_3 , H_2O , HCl , CH_4 . Ligação Covalente. Polaridade de moléculas. Forças intermoleculares. Relação entre estruturas, propriedade e aplicação das substâncias.

- **Água** - Ocorrência e importância na vida animal e vegetal. Ligação, estrutura e propriedades. Sistemas em Solução Aquosa: Soluções verdadeiras, soluções coloidais e suspensões. Solubilidade. Concentração das soluções. Aspectos qualitativos das propriedades coligativas das soluções. Ácidos, Bases, Sais e Óxidos: definição, classificação, propriedades, formulação e nomenclatura. Conceitos de ácidos e base. Principais propriedades dos ácidos e bases: indicadores, condutibilidade elétrica, reação com metais, reação de neutralização.

- **Transformações Químicas e Energia** - Transformações químicas e energia calorífica. Calor de reação. Entalpia. Equações termoquímicas. Lei de Hess. Transformações químicas e energia elétrica. Reação de oxirredução. Potenciais padrão de redução. Pilha. Eletrólise. Leis de Faraday. Transformações nucleares. Conceitos fundamentais da radioatividade. Reações de fissão e fusão nuclear. Desintegração radioativa e radioisótopos.

- **Dinâmica das Transformações Químicas** - Transformações Químicas e velocidade. Velocidade de reação. Energia de ativação. Fatores que alteram a velocidade de reação: concentração, pressão, temperatura e catalisador.

- **Transformação Química e Equilíbrio** - Caracterização do sistema em equilíbrio. Constante de equilíbrio. Produto iônico da água, equilíbrio ácido-base e pH. Solubilidade dos sais e hidrólise. Fatores que alteram o sistema em equilíbrio. Aplicação da velocidade e do equilíbrio químico no cotidiano.

- **Compostos de Carbono** - Características gerais dos compostos orgânicos. Principais funções orgânicas. Estrutura e propriedades de Hidrocarbonetos. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos oxigenados. Fermentação. Estrutura e propriedades de compostos orgânicos nitrogenados. Macromoléculas naturais e sintéticas. Noções básicas sobre polímeros. Amido, glicogênio e celulose. Borracha natural e sintética. Polietileno, poliestireno, PVC, Teflon, náilon. Óleos e gorduras, sabões e detergentes sintéticos. Proteínas e enzimas.

- **Relações da Química com as Tecnologias, a Sociedade e o Meio Ambiente** - Química no cotidiano. Química na agricultura e na saúde. Química nos alimentos. Química e ambiente. Aspectos científico-tecnológicos, socioeconômicos e ambientais associados à obtenção ou produção de substâncias químicas. Indústria Química: obtenção e utilização do cloro, hidróxido de sódio, ácido sulfúrico, amônia e ácido nítrico. Mineração e Metalurgia. Poluição e tratamento de água. Poluição atmosférica. Contaminação e proteção do ambiente.

- **Energias Químicas no Cotidiano** - Petróleo, gás natural e carvão. Madeira e hulha. Biomassa. Biocombustíveis. Impactos ambientais de combustíveis fósseis. Energia nuclear. Lixo atômico. Vantagens e desvantagens do uso de energia nuclear.

3.3 Biologia

- **Moléculas, células e tecidos** - Estrutura e fisiologia celular: membrana, citoplasma e núcleo. Divisão celular. Aspectos bioquímicos das estruturas celulares. Aspectos gerais do metabolismo celular. Metabolismo energético: fotossíntese e respiração. Codificação da informação genética. Síntese protéica. Diferenciação celular. Principais tecidos animais e vegetais. Origem e evolução das células. Noções sobre células-tronco, clonagem e tecnologia do DNA recombinante. Aplicações de biotecnologia na produção de alimentos, fármacos e componentes biológicos. Aplicações de tecnologias relacionadas ao DNA a investigações científicas, determinação da paternidade, investigação criminal e identificação de indivíduos. Aspectos éticos relacionados ao desenvolvimento biotecnológico. Biotecnologia e sustentabilidade.

- **Hereditariedade e diversidade da vida** - Princípios básicos que regem a transmissão de características hereditárias. Concepções pré-mendelianas sobre a hereditariedade. Aspectos genéticos do funcionamento do corpo humano. Antígenos e anticorpos. Grupos sanguíneos, transplantes e doenças auto-imunes. Neoplasias e a influência de fatores ambientais. Mutações gênicas e cromossômicas. Aconselhamento genético. Fundamentos genéticos da evolução. Aspectos genéticos da formação e manutenção da diversidade biológica.

- **Identidade dos seres vivos** - Níveis de organização dos seres vivos. Vírus, procariontes e eucariontes. Autótrofos e heterótrofos. Seres unicelulares e pluricelulares. Sistemática e as grandes linhas da evolução dos seres vivos. Tipos de ciclo de vida. Evolução e padrões anatômicos e fisiológicos observados nos seres vivos. Funções vitais dos seres vivos e sua relação com a adaptação desses organismos a diferentes ambientes. Embriologia, anatomia e fisiologia humana. Evolução humana. Biotecnologia e sistemática.

- **Ecologia e ciências ambientais** - Ecossistemas. Fatores bióticos e abióticos. Habitat e nicho ecológico. A comunidade biológica: teia alimentar, sucessão e comunidade clímax. Dinâmica de populações. Interações entre os seres vivos. Ciclos biogeoquímicos. Fluxo de energia no ecossistema. Biogeografia. Biomas brasileiros. Exploração e uso de recursos naturais. Problemas ambientais: mudanças climáticas, efeito estufa; desmatamento; erosão; poluição da água, do solo e do ar. Conservação e recuperação de ecossistemas. Conservação da biodiversidade. Tecnologias ambientais. Noções de saneamento básico. Noções de legislação ambiental: água, florestas, unidades de conservação; biodiversidade.

- **Origem e evolução da vida** - A biologia como ciência: história, métodos, técnicas e experimentação. Hipóteses sobre a origem do Universo, da Terra e dos seres vivos. Teorias de evolução. Explicações pré-darwinistas para a modificação das espécies. A teoria evolutiva de Charles Darwin. Teoria sintética da evolução. Seleção artificial e seu impacto sobre ambientes naturais e sobre populações humanas.

- **Qualidade de vida das populações humanas** - Aspectos biológicos da pobreza e do desenvolvimento humano. Indicadores sociais, ambientais e econômicos. Índice de desenvolvimento humano. Principais doenças que afetam a população brasileira:

caracterização, prevenção e profilaxia. Noções de primeiros socorros. Doenças sexualmente transmissíveis. Aspectos sociais da biologia: uso indevido de drogas; gravidez na adolescência; obesidade. Violência e segurança pública. Exercícios físicos e vida saudável. Aspectos biológicos do desenvolvimento sustentável. Legislação e cidadania.

4. Ciências Humanas e suas Tecnologias

• Diversidade cultural, conflitos e vida em sociedade

- Cultura Material e imaterial; patrimônio e diversidade cultural no Brasil.
- A Conquista da América. Conflitos entre europeus e indígenas na América colonial. A escravidão e formas de resistência indígena e africana na América.
- História cultural dos povos africanos. A luta dos negros no Brasil e o negro na formação da sociedade brasileira.
- História dos povos indígenas e a formação sócio-cultural brasileira.
- Movimentos culturais no mundo ocidental e seus impactos na vida política e social.

• Formas de organização social, movimentos sociais, pensamento político e ação do Estado

- Cidadania e democracia na Antiguidade; Estado e direitos do cidadão a partir da Idade Moderna; democracia direta, indireta e representativa.
- Revoluções sociais e políticas na Europa Moderna.
- Formação territorial brasileira; as regiões brasileiras; políticas de reordenamento territorial.
- As lutas pela conquista da independência política das colônias da América.
- Grupos sociais em conflito no Brasil imperial e a construção da nação.
- O desenvolvimento do pensamento liberal na sociedade capitalista e seus críticos nos séculos XIX e XX.
- Políticas de colonização, migração, imigração e emigração no Brasil nos séculos XIX e XX.
- A atuação dos grupos sociais e os grandes processos revolucionários do século XX: Revolução Bolchevique, Revolução Chinesa, Revolução Cubana.
- Geopolítica e conflitos entre os séculos XIX e XX: Imperialismo, a ocupação da Ásia e da África, as Guerras Mundiais e a Guerra Fria.

- Os sistemas totalitários na Europa do século XX: nazi-fascista, franquismo, salazarismo e stalinismo. Ditaduras políticas na América Latina: Estado Novo no Brasil e ditaduras na América.
- Conflitos político-culturais pós-Guerra Fria, reorganização política internacional e os organismos multilaterais nos séculos XX e XXI.
- A luta pela conquista de direitos pelos cidadãos: direitos civis, humanos, políticos e sociais. Direitos sociais nas constituições brasileiras. Políticas afirmativas.
- Vida urbana: redes e hierarquia nas cidades, pobreza e segregação espacial.

• Características e transformações das estruturas produtivas

- Diferentes formas de organização da produção: escravismo antigo, feudalismo, capitalismo, socialismo e suas diferentes experiências.
- Economia agro-exportadora brasileira: complexo açucareiro; a mineração no período colonial; a economia cafeeira; a borracha na Amazônia.
- Revolução Industrial: criação do sistema de fábrica na Europa e transformações no processo de produção. Formação do espaço urbano-industrial. Transformações na estrutura produtiva no século XX: o fordismo, o toyotismo, as novas técnicas de produção e seus impactos.
- A industrialização brasileira, a urbanização e as transformações sociais e trabalhistas.
- A globalização e as novas tecnologias de telecomunicação e suas consequências econômicas, políticas e sociais.
- Produção e transformação dos espaços agrários. Modernização da agricultura e estruturas agrárias tradicionais. O agronegócio, a agricultura familiar, os assalariados do campo e as lutas sociais no campo. A relação campo-cidade.

• Os domínios naturais e a relação do ser humano com o ambiente

- Relação homem-natureza, a apropriação dos recursos naturais pelas sociedades ao longo do tempo. Impacto ambiental das atividades econômicas no Brasil. Recursos minerais e energéticos: exploração e impactos. Recursos hídricos; bacias hidrográficas e seus aproveitamentos.
- As questões ambientais contemporâneas: mudança climática, ilhas de calor, efeito estufa, chuva ácida, a destruição da camada de ozônio. A nova ordem ambiental

internacional; políticas territoriais ambientais; uso e conservação dos recursos naturais, unidades de conservação, corredores ecológicos, zoneamento ecológico e econômico.

- Origem e evolução do conceito de sustentabilidade.
- Estrutura interna da terra. Estruturas do solo e do relevo; agentes internos e externos modeladores do relevo.
- Situação geral da atmosfera e classificação climática. As características climáticas do território brasileiro.
- Os grandes domínios da vegetação no Brasil e no mundo.

• **Representação espacial**

- Projeções cartográficas; leitura de mapas temáticos, físicos e políticos; tecnologias modernas aplicadas à cartografia.

ANEXO B . PROVA DE CN DO ENEM 2019 - CADERNO AZUL



EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO
PROVA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS
PROVA DE MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS

enem2019

2º DIA
CADERNO
7
AZUL

ATENÇÃO: transcreva no espaço apropriado do seu CARTÃO-RESPOSTA, com sua caligrafia usual, considerando as letras maiúsculas e minúsculas, a seguinte frase:

E quem irá dizer que não existe razão?

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES SEGUINTE:

1. Este CADERNO DE QUESTÕES contém 90 questões numeradas de 91 a 180 e uma FOLHA DE RASCUNHO, dispostas da seguinte maneira:
 - a) questões de número 91 a 135, relativas à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias;
 - b) questões de número 136 a 180, relativas à área de Matemática e suas Tecnologias;
 - c) FOLHA DE RASCUNHO.
2. Confira se a quantidade e a ordem das questões do seu CADERNO DE QUESTÕES estão de acordo com as instruções anteriores. Caso o caderno esteja incompleto, tenha defeito ou apresente qualquer divergência, comunique ao aplicador da sala para que ele tome as providências cabíveis.
3. Para cada uma das questões objetivas, são apresentadas 5 opções. Apenas uma responde corretamente à questão.
4. O tempo disponível para estas provas é de **cinco horas**.
5. Reserve tempo suficiente para preencher o CARTÃO-RESPOSTA.
6. Os rascunhos e as marcações assinaladas no CADERNO DE QUESTÕES e na FOLHA DE RASCUNHO não serão considerados na avaliação.
7. Quando terminar as provas, acene para chamar o aplicador e entregue este CADERNO DE QUESTÕES, o CARTÃO-RESPOSTA e a FOLHA DE RASCUNHO.
8. Você poderá deixar o local de prova somente após decorridas duas horas do início da aplicação e poderá levar seu CADERNO DE QUESTÕES ao deixar em definitivo a sala de prova nos 30 minutos que antecedem o término das provas.



INEP

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO




**CIÊNCIAS DA NATUREZA
E SUAS TECNOLOGIAS**
Questões de 91 a 135
Questão 91

Para realizar o desentupimento de tubulações de esgotos residenciais, é utilizada uma mistura sólida comercial que contém hidróxido de sódio (NaOH) e outra espécie química pulverizada. Quando é adicionada água a essa mistura, ocorre uma reação que libera gás hidrogênio e energia na forma de calor, aumentando a eficiência do processo de desentupimento. Considere os potenciais padrão de redução (E°) da água e de outras espécies em meio básico, expressos no quadro.

Semirreação de redução	E° (V)
$2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$	-0,83
$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Co} + 2 \text{OH}^-$	-0,73
$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Cu} + 2 \text{OH}^-$	-0,22
$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Pb} + 2 \text{OH}^-$	-0,58
$\text{Al}(\text{OH})_4^- + 3 \text{e}^- \rightarrow \text{Al} + 4 \text{OH}^-$	-2,33
$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{Fe} + 2 \text{OH}^-$	-0,88

Qual é a outra espécie que está presente na composição da mistura sólida comercial para aumentar sua eficiência?

- A** Al
- B** Co
- C** $\text{Cu}(\text{OH})_2$
- D** $\text{Fe}(\text{OH})_2$
- E** Pb

Questão 92

As redes de alta tensão para transmissão de energia elétrica geram campo magnético variável o suficiente para induzir corrente elétrica no arame das cercas. Tanto os animais quanto os funcionários das propriedades rurais ou das concessionárias de energia devem ter muito cuidado ao se aproximarem de uma cerca quando esta estiver próxima a uma rede de alta tensão, pois, se tocarem no arame da cerca, poderão sofrer choque elétrico.

Para minimizar este tipo de problema, deve-se:

- A** Fazer o aterramento dos arames da cerca.
- B** Acrescentar fusível de segurança na cerca.
- C** Realizar o aterramento da rede de alta tensão.
- D** Instalar fusível de segurança na rede de alta tensão.
- E** Utilizar fios encapados com isolante na rede de alta tensão.

Questão 93

A esquistossomose (barriga-d'água) caracteriza-se pela inflamação do fígado e do baço causada pelo verme *Schistosoma mansoni* (esquistossomo). O contágio ocorre depois que larvas do verme são liberadas na água pelo caramujo do gênero *Biomphalaria*, seu hospedeiro intermediário, e penetram na pele humana. Após o diagnóstico, o tratamento tradicional utiliza medicamentos por via oral para matar o parasita dentro do corpo. Uma nova estratégia terapêutica baseia-se na utilização de uma vacina, feita a partir de uma proteína extraída do verme, que induz o organismo humano a produzir anticorpos para combater e prevenir a doença.

Instituto Oswaldo Cruz/Fundação Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz). **Fiocruz anuncia nova fase de vacina para esquistossomose.** Disponível em: <http://agencia.fiocruz.br>. Acesso em: 3 maio 2019 (adaptado).

Uma vantagem da vacina em relação ao tratamento tradicional é que ela poderá

- A** impedir a penetração do parasita pela pele.
- B** eliminar o caramujo para que não haja contágio.
- C** impedir o acesso do esquistossomo especificamente para o fígado.
- D** eliminar o esquistossomo antes que ocorra contato com o organismo.
- E** eliminar o esquistossomo dentro do organismo antes da manifestação de sintomas.



Questão 94

Em 1962, um *jingle* (vinheta musical) criado por Heitor Carillo fez tanto sucesso que extrapolou as fronteiras do rádio e chegou à televisão ilustrado por um desenho animado. Nele, uma pessoa respondia ao fantasma que batia em sua porta, personificando o “frio”, que não o deixaria entrar, pois não abriria a porta e compraria lãs e cobertores para aquecer sua casa. Apesar de memorável, tal comercial televisivo continha incorreções a respeito de conceitos físicos relativos à calorimetria.

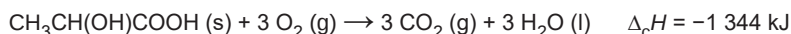
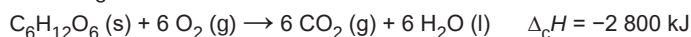
DUARTE, M. *Jingle é a alma do negócio: livro revela os bastidores das músicas de propagandas*. Disponível em: <https://guiadoscuriosos.uol.com.br>. Acesso em: 24 abr. 2019 (adaptado).

Para solucionar essas incorreções, deve-se associar à porta e aos cobertores, respectivamente, as funções de:

- A Aquecer a casa e os corpos.
- B Evitar a entrada do frio na casa e nos corpos.
- C Minimizar a perda de calor pela casa e pelos corpos.
- D Diminuir a entrada do frio na casa e aquecer os corpos.
- E Aquecer a casa e reduzir a perda de calor pelos corpos.

Questão 95

Glicólise é um processo que ocorre nas células, convertendo glicose em piruvato. Durante a prática de exercícios físicos que demandam grande quantidade de esforço, a glicose é completamente oxidada na presença de O_2 . Entretanto, em alguns casos, as células musculares podem sofrer um déficit de O_2 e a glicose ser convertida em duas moléculas de ácido láctico. As equações termoquímicas para a combustão da glicose e do ácido láctico são, respectivamente, mostradas a seguir:



O processo anaeróbico é menos vantajoso energeticamente porque

- A libera 112 kJ por mol de glicose.
- B libera 467 kJ por mol de glicose.
- C libera 2 688 kJ por mol de glicose.
- D absorve 1 344 kJ por mol de glicose.
- E absorve 2 800 kJ por mol de glicose.

Questão 96

No quadro estão apresentadas informações sobre duas estratégias de sobrevivência que podem ser adotadas por algumas espécies de seres vivos.

	Estratégia 1	Estratégia 2
Hábitat	Mais instável e imprevisível	Mais estável e previsível
Potencial biótico	Muito elevado	Baixo
Duração da vida	Curta e com reprodução precoce	Longa e com reprodução tardia
Descendentes	Muitos e com tamanho corporal pequeno	Poucos e com tamanho corporal maior
Tamanho populacional	Variável	Constante

Na recuperação de uma área desmatada deveriam ser reintroduzidas primeiramente as espécies que adotam qual estratégia?

- A Estratégia 1, pois essas espécies produzem descendentes pequenos, o que diminui a competição com outras espécies.
- B Estratégia 2, pois essas espécies têm uma longa duração da vida, o que favorece a produção de muitos descendentes.
- C Estratégia 1, pois essas espécies apresentam um elevado potencial biótico, o que facilita a rápida recolonização da área desmatada.
- D Estratégia 2, pois essas espécies estão adaptadas a habitats mais estáveis, o que corresponde ao ambiente de uma área desmatada.
- E Estratégia 2, pois essas espécies apresentam um tamanho populacional constante, o que propicia uma recolonização mais estável da área desmatada.



enem2019

Questão 97

As cutias, pequenos roedores das zonas tropicais, transportam pela boca as sementes que caem das árvores, mas, em vez de comê-las, enterram-nas em outro lugar. Esse procedimento lhes permite salvar a maioria de suas sementes enterradas para as épocas mais secas, quando não há frutos maduros disponíveis. Cientistas descobriram que as cutias roubam as sementes enterradas por outras, e esse comportamento de “ladroagem” faz com que uma mesma semente possa ser enterrada dezenas de vezes.

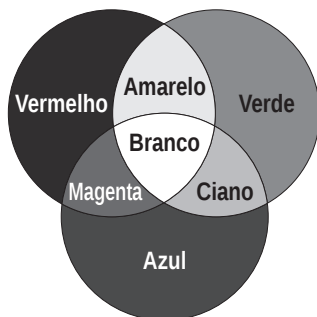
Disponível em: <http://chc.cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 30 jul. 2012.

Essa “ladroagem” está associada à relação de

- A sinfilia.
- B predatismo.
- C parasitismo.
- D competição.
- E comensalismo.

Questão 98

Os olhos humanos normalmente têm três tipos de cones responsáveis pela percepção das cores: um tipo para tons vermelhos, um para tons azuis e outro para tons verdes. As diversas cores que enxergamos são o resultado da percepção das cores básicas, como indica a figura.



A protanopia é um tipo de daltonismo em que há diminuição ou ausência de receptores da cor vermelha. Considere um teste com dois voluntários: uma pessoa com visão normal e outra com caso severo de protanopia. Nesse teste, eles devem escrever a cor dos cartões que lhes são mostrados. São utilizadas as cores indicadas na figura.

Para qual cartão os dois voluntários identificarão a mesma cor?

- A Vermelho.
- B Magenta.
- C Amarelo.
- D Branco.
- E Azul.

Questão 99

A cada safra, a quantidade de café beneficiado é igual à quantidade de resíduos gerados pelo seu beneficiamento. O resíduo pode ser utilizado como fertilizante, pois contém cerca de 6,5% de pectina (um polissacarídeo), aproximadamente 25% de açúcares fermentáveis (frutose, sacarose e galactose), bem como resíduos de alcaloides (compostos aminados) que não foram extraídos no processo.

LIMA, L. K. S. et al. Utilização de resíduo oriundo da torrefação do café na agricultura em substituição à adubação convencional.

ACSA — Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 10, n. 1, jan.-mar., 2014 (adaptado).

Esse resíduo contribui para a fertilidade do solo, pois

- A possibilita a reciclagem de carbono e nitrogênio.
- B promove o deslocamento do alumínio, que é tóxico.
- C melhora a compactação do solo por causa da presença de pectina.
- D eleva o pH do solo em função da degradação dos componentes do resíduo.
- E apresenta efeitos inibidores de crescimento para a maioria das espécies vegetais pela cafeína.

Questão 100

Um alimento orgânico deve apresentar em sua embalagem o selo de uma instituição certificadora, garantindo ao consumidor que, além de ser um alimento isento de agrotóxicos, também é produzido com técnicas planejadas e controladas. A técnica de produção desses alimentos causa menor impacto aos recursos naturais, contribuindo para melhorar a qualidade de vida das pessoas.

Nesse sistema de produção de alimentos vegetais, o controle de insetos é manejado por meio do(a)

- A prática de adubação verde.
- B emprego da compostagem.
- C controle da irrigação do solo.
- D utilização de predadores naturais.
- E uso de sementes inoculadas com *Rhizobium*.



Questão 101

A eritropoetina (EPO) é um hormônio endógeno secretado pelos rins que influencia a maturação dos eritrócitos. Suas formas recombinantes, sintetizadas em laboratório, têm sido usadas por alguns atletas em esportes de resistência na busca por melhores resultados. No entanto, a administração da EPO recombinante no esporte foi proibida pelo Comitê Olímpico Internacional e seu uso considerado *doping*.

MARTELLI, A. Eritropoetina: síntese e liberação fisiológica e o uso de sua forma recombinante no esporte. **Perspectivas Online: biológicas & saúde**, v. 10, n. 3, 2013 (adaptado).

Uma influência que esse *doping* poderá exercer na melhoria da capacidade física desses atletas está relacionada ao transporte de

- A** lipídios, para aumento do gasto calórico.
- B** ATP, para aumento da síntese hormonal.
- C** oxigênio, para aumento da produção de ATP.
- D** proteínas, para aumento da massa muscular.
- E** vitamina C, para aumento da integridade dos vasos sanguíneos.

Questão 102

O objetivo de recipientes isolantes térmicos é minimizar as trocas de calor com o ambiente externo. Essa troca de calor é proporcional à condutividade térmica k e à área interna das faces do recipiente, bem como à diferença de temperatura entre o ambiente externo e o interior do recipiente, além de ser inversamente proporcional à espessura das faces.

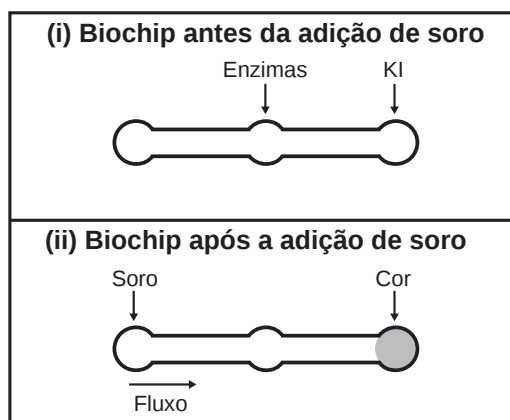
A fim de avaliar a qualidade de dois recipientes **A** (40 cm × 40 cm × 40 cm) e **B** (60 cm × 40 cm × 40 cm), de faces de mesma espessura, uma estudante compara suas condutividades térmicas k_A e k_B . Para isso suspende, dentro de cada recipiente, blocos idênticos de gelo a 0 °C, de modo que suas superfícies estejam em contato apenas com o ar. Após um intervalo de tempo, ela abre os recipientes enquanto ambos ainda contêm um pouco de gelo e verifica que a massa de gelo que se fundiu no recipiente **B** foi o dobro da que se fundiu no recipiente **A**.

A razão $\frac{k_A}{k_B}$ é mais próxima de

- A** 0,50.
- B** 0,67.
- C** 0,75.
- D** 1,33.
- E** 2,00.

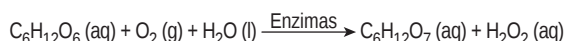
Questão 103

Estudos mostram o desenvolvimento de biochips utilizados para auxiliar o diagnóstico de diabetes melito, doença evidenciada pelo excesso de glicose no organismo. O teste é simples e consiste em duas reações sequenciais na superfície do biochip, entre a amostra de soro sanguíneo do paciente, enzimas específicas e reagente (iodeto de potássio, KI), conforme mostrado na imagem.



Após a adição de soro sanguíneo, o fluxo desloca-se espontaneamente da esquerda para a direita (ii) promovendo reações sequenciais, conforme as equações 1 e 2. Na primeira, há conversão de glicose do sangue em ácido glucônico, gerando peróxido de hidrogênio:

Equação 1



Na segunda, o peróxido de hidrogênio reage com íons iodeto gerando o íon tri-iodeto, água e oxigênio.

Equação 2



GARCIA, P. T. et al. A Handheld Stamping Process to Fabricate Microfluidic Paper-Based Analytical Devices with Chemically Modified Surface for Clinical Assays. **RSC Advances**, v. 4, 13 ago. 2014 (adaptado).

O tipo de reação que ocorre na superfície do biochip, nas duas reações do processo, é

- A** análise.
- B** síntese.
- C** oxirredução.
- D** complexação.
- E** ácido-base.



enem2019

Questão 104

Algumas toneladas de medicamentos para uso humano e veterinário são produzidas por ano. Os fármacos são desenvolvidos para serem estáveis, mantendo suas propriedades químicas de forma a atender a um propósito terapêutico. Após o consumo de fármacos, parte de sua dosagem é excretada de forma inalterada, persistindo no meio ambiente. Em todo o mundo, antibióticos, hormônios, anestésicos, anti-inflamatórios, entre outros, são detectados em concentrações preocupantes no esgoto doméstico, em águas superficiais e de subsolo. Dessa forma, a ocorrência de fármacos residuais no meio ambiente pode apresentar efeitos adversos em organismos aquáticos e terrestres.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, v. 26, n. 4, ago. 2003 (adaptado).

Qual ação minimiza a permanência desses contaminantes nos recursos hídricos?

- A Utilização de esterco como fertilizante na agricultura.
- B Ampliação das redes de coleta de esgoto na zona urbana.
- C Descarte dos medicamentos fora do prazo de validade em lixões.
- D Desenvolvimento de novos processos nas estações de tratamento de efluentes.
- E Reúso dos lodos provenientes das estações de tratamento de esgoto na agricultura.

Questão 105

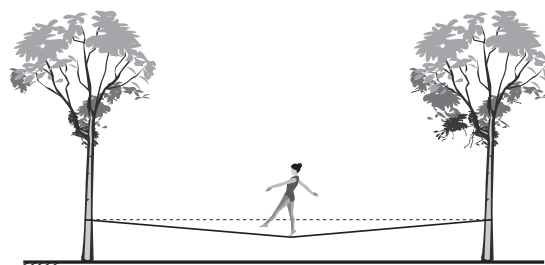
Um teste de laboratório permite identificar alguns cátions metálicos ao introduzir uma pequena quantidade do material de interesse em uma chama de bico de Bunsen para, em seguida, observar a cor da luz emitida.

A cor observada é proveniente da emissão de radiação eletromagnética ao ocorrer a

- A mudança da fase sólida para a fase líquida do elemento metálico.
- B combustão dos cátions metálicos provocada pelas moléculas de oxigênio da atmosfera.
- C diminuição da energia cinética dos elétrons em uma mesma órbita na eletrosfera atômica.
- D transição eletrônica de um nível mais externo para outro mais interno na eletrosfera atômica.
- E promoção dos elétrons que se encontram no estado fundamental de energia para níveis mais energéticos.

Questão 106

Slackline é um esporte no qual o atleta deve se equilibrar e executar manobras estando sobre uma fita esticada. Para a prática do esporte, as duas extremidades da fita são fixadas de forma que ela fique a alguns centímetros do solo. Quando uma atleta de massa igual a 80 kg está exatamente no meio da fita, essa se desloca verticalmente, formando um ângulo de 10° com a horizontal, como esquematizado na figura. Sabe-se que a aceleração da gravidade é igual a 10 m s^{-2} , $\cos(10^\circ) = 0,98$ e $\sin(10^\circ) = 0,17$.



Qual é a força que a fita exerce em cada uma das árvores por causa da presença da atleta?

- A $4,0 \times 10^2 \text{ N}$
- B $4,1 \times 10^2 \text{ N}$
- C $8,0 \times 10^2 \text{ N}$
- D $2,4 \times 10^3 \text{ N}$
- E $4,7 \times 10^3 \text{ N}$



Questão 107

Na piscicultura, costumam-se usar larvas de *Artemia* (crustáceo) para alimentar larvas de peixes. Ovos de *Artemia* são colocados em garrafas com água salgada e, sob condições ótimas de temperatura, luz e oxigênio, eles eclodem, liberando suas larvas, também conhecidas como náuplios. Para recolher os náuplios, coloca-se uma lâmpada branca fluorescente na boca da garrafa e estes começam a subir em direção ao gargalo.

Esse comportamento das artêmias é chamado de

- A geotropismo positivo.
- B fototropismo positivo.
- C hidrotropismo negativo.
- D termotropismo negativo.
- E quimiotropismo negativo.

Questão 108

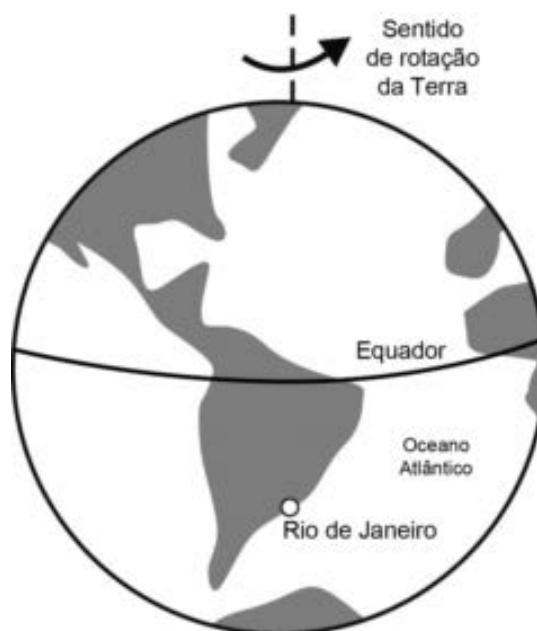
Por terem camada de valência completa, alta energia de ionização e afinidade eletrônica praticamente nula, considerou-se por muito tempo que os gases nobres não formariam compostos químicos. Porém, em 1962, foi realizada com sucesso a reação entre o xenônio (camada de valência $5s^2 5p^6$) e o hexafluoreto de platina e, desde então, mais compostos novos de gases nobres vêm sendo sintetizados. Tais compostos demonstram que não se pode aceitar acriticamente a regra do octeto, na qual se considera que, numa ligação química, os átomos tendem a adquirir estabilidade assumindo a configuração eletrônica de gás nobre. Dentre os compostos conhecidos, um dos mais estáveis é o difluoreto de xenônio, no qual dois átomos do halogênio flúor (camada de valência $2s^2 2p^5$) se ligam covalentemente ao átomo de gás nobre para ficarem com oito elétrons de valência.

Ao se escrever a fórmula de Lewis do composto de xenônio citado, quantos elétrons na camada de valência haverá no átomo do gás nobre?

- A 6
- B 8
- C 10
- D 12
- E 14

Questão 109

Na madrugada de 11 de março de 1978, partes de um foguete soviético reentraram na atmosfera acima da cidade do Rio de Janeiro e caíram no Oceano Atlântico. Foi um belo espetáculo, os inúmeros fragmentos entrando em ignição devido ao atrito com a atmosfera brilharam intensamente, enquanto "cortavam o céu". Mas se a reentrada tivesse acontecido alguns minutos depois, teríamos uma tragédia, pois a queda seria na área urbana do Rio de Janeiro e não no oceano.



LAS CASAS, R. **Lixo espacial**. Observatório Astronômico Frei Rosário, ICEx, UFMG. Disponível em: www.observatorio.ufmg.br. Acesso em: 27 set. 2011 (adaptado).

De acordo com os fatos relatados, a velocidade angular do foguete em relação à Terra no ponto de reentrada era

- A igual à da Terra e no mesmo sentido.
- B superior à da Terra e no mesmo sentido.
- C inferior à da Terra e no sentido oposto.
- D igual à da Terra e no sentido oposto.
- E superior à da Terra e no sentido oposto.



enem2019

Questão 110

Com base nos experimentos de plantas de Mendel, foram estabelecidos três princípios básicos, que são conhecidos como leis da uniformidade, segregação e distribuição independente. A lei da distribuição independente refere-se ao fato de que os membros de pares diferentes de genes segregam-se independentemente, uns dos outros, para a prole.

TURNPENNY, P. D. *Genética médica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009 (adaptado).

Hoje, sabe-se que isso nem sempre é verdade. Por quê?

- A** A distribuição depende do caráter de dominância ou recessividade do gene.
- B** Os organismos nem sempre herdam cada um dos genes de cada um dos genitores.
- C** As alterações cromossômicas podem levar a falhas na segregação durante a meiose.
- D** Os genes localizados fisicamente próximos no mesmo cromossomo tendem a ser herdados juntos.
- E** O cromossomo que contém dois determinados genes pode não sofrer a disjunção na primeira fase da meiose.

Questão 111

Em qualquer obra de construção civil é fundamental a utilização de equipamentos de proteção individual, tal como capacetes. Por exemplo, a queda livre de um tijolo de massa 2,5 kg de uma altura de 5 m, cujo impacto contra um capacete pode durar até 0,5 s, resulta em uma força impulsiva média maior do que o peso do tijolo. Suponha que a aceleração gravitacional seja 10 m s^{-2} e que o efeito de resistência do ar seja desprezível.

A força impulsiva média gerada por esse impacto equivale ao peso de quantos tijolos iguais?

- A** 2
- B** 5
- C** 10
- D** 20
- E** 50

Questão 112

Os hidrocarbonetos são moléculas orgânicas com uma série de aplicações industriais. Por exemplo, eles estão presentes em grande quantidade nas diversas frações do petróleo e normalmente são separados por destilação fracionada, com base em suas temperaturas de ebulição. O quadro apresenta as principais frações obtidas na destilação do petróleo em diferentes faixas de temperaturas.

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produto(s)	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral C_nH_{2n+2})
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	C_1 a C_4
2	30 a 180	Gasolina	C_6 a C_{12}
3	170 a 290	Querosene	C_{11} a C_{16}
4	260 a 350	Óleo diesel	C_{14} a C_{18}

SANTA MARIA, L. C. et al. Petróleo: um tema para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, n. 15, maio 2002 (adaptado).

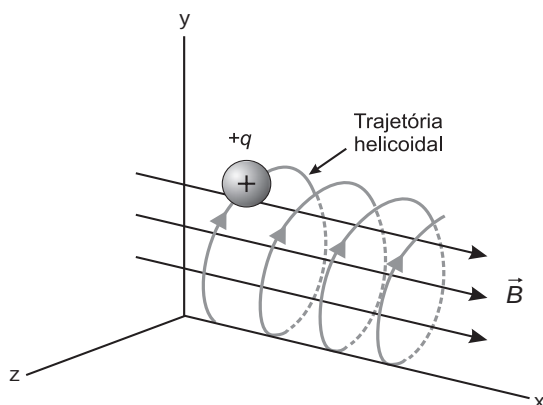
Na fração 4, a separação dos compostos ocorre em temperaturas mais elevadas porque

- A** suas densidades são maiores.
- B** o número de ramificações é maior.
- C** sua solubilidade no petróleo é maior.
- D** as forças intermoleculares são mais intensas.
- E** a cadeia carbônica é mais difícil de ser quebrada.



Questão 113

O espectrômetro de massa de tempo de voo é um dispositivo utilizado para medir a massa de íons. Nele, um íon de carga elétrica q é lançado em uma região de campo magnético constante $\vec{B}$, descrevendo uma trajetória helicoidal, conforme a figura. Essa trajetória é formada pela composição de um movimento circular uniforme no plano yz e uma translação ao longo do eixo x . A vantagem desse dispositivo é que a velocidade angular do movimento helicoidal do íon é independente de sua velocidade inicial. O dispositivo então mede o tempo t de voo para N voltas do íon. Logo, com base nos valores q , B , N e t , pode-se determinar a massa do íon.



A massa do íon medida por esse dispositivo será

- A $\frac{qBt}{2\pi N}$
- B $\frac{qBt}{\pi N}$
- C $\frac{2qBt}{\pi N}$
- D $\frac{qBt}{N}$
- E $\frac{2qBt}{N}$

Questão 114

Na família Retroviridae encontram-se diversos vírus que infectam aves e mamíferos, sendo caracterizada pela produção de DNA a partir de uma molécula de RNA. Alguns retrovírus infectam exclusivamente humanos, não necessitando de outros hospedeiros, reservatórios ou vetores biológicos. As infecções ocasionadas por esses vírus vêm causando mortes e grandes prejuízos ao desenvolvimento social e econômico. Nesse contexto, pesquisadores têm produzido medicamentos que contribuem para o tratamento dessas doenças.

Que avanços tecnológicos têm contribuído para o tratamento dessas infecções virais?

- A Melhoria dos métodos de controle dos vetores desses vírus.
- B Fabricação de soros mutagênicos para combate desses vírus.
- C Investimento da indústria em equipamentos de proteção individual.
- D Produção de vacinas que evitam a infecção das células hospedeiras.
- E Desenvolvimento de antirretrovirais que dificultam a reprodução desses vírus.

Questão 115

O concreto utilizado na construção civil é um material formado por cimento misturado a areia, a brita e a água. A areia é normalmente extraída de leitos de rios e a brita, oriunda da fragmentação de rochas. Impactos ambientais gerados no uso do concreto estão associados à extração de recursos minerais e ao descarte indiscriminado desse material. Na tentativa de reverter esse quadro, foi proposta a utilização de concreto reciclado moído em substituição ao particulado rochoso graúdo na fabricação de novo concreto, obtendo um material com as mesmas propriedades que o anterior.

O benefício ambiental gerado nessa proposta é a redução do(a)

- A extração da brita.
- B extração de areia.
- C consumo de água.
- D consumo de concreto.
- E fabricação de cimento.



enem2019

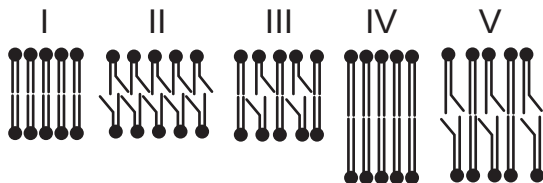
Questão 116

A fluidez da membrana celular é caracterizada pela capacidade de movimento das moléculas componentes dessa estrutura. Os seres vivos mantêm essa propriedade de duas formas: controlando a temperatura e/ou alterando a composição lipídica da membrana. Neste último aspecto, o tamanho e o grau de insaturação das caudas hidrocarbônicas dos fosfolípidios, conforme representados na figura, influenciam significativamente a fluidez. Isso porque quanto maior for a magnitude das interações entre os fosfolípidios, menor será a fluidez da membrana.

Representação simplificada da estrutura de um fosfolípido



Assim, existem bicamadas lipídicas com diferentes composições de fosfolípidios, como as mostradas de I a V.



Qual das bicamadas lipídicas apresentadas possui maior fluidez?

- A I
- B II
- C III
- D IV
- E V

Questão 117

Em uma aula experimental de calorimetria, uma professora queimou 2,5 g de castanha-de-caju crua para aquecer 350 g de água, em um recipiente apropriado para diminuir as perdas de calor. Com base na leitura da tabela nutricional a seguir e da medida da temperatura da água, após a queima total do combustível, ela concluiu que 50% da energia disponível foi aproveitada. O calor específico da água é $1 \text{ cal g}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, e sua temperatura inicial era de $20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Quantidade por porção de 10 g (2 castanhas)

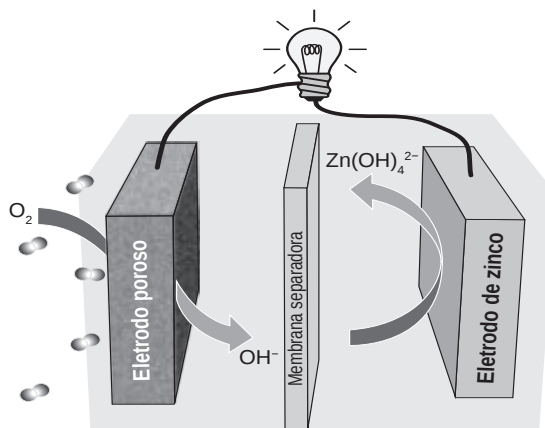
Valor energético	70 kcal
Carboidratos	0,8 g
Proteínas	3,5 g
Gorduras totais	3,5 g

Qual foi a temperatura da água, em grau Celsius, medida ao final do experimento?

- A 25
- B 27
- C 45
- D 50
- E 70

Questão 118

Grupos de pesquisa em todo o mundo vêm buscando soluções inovadoras, visando a produção de dispositivos para a geração de energia elétrica. Dentre eles, pode-se destacar as baterias de zinco-ar, que combinam o oxigênio atmosférico e o metal zinco em um eletrólito aquoso de caráter alcalino. O esquema de funcionamento da bateria zinco-ar está apresentado na figura.



LI, Y.; DAI, H. Recent Advances in Zinc-Air Batteries. *Chemical Society Reviews*, v. 43, n. 15, 2014 (adaptado).

No funcionamento da bateria, a espécie química formada no ânodo é

- A $\text{H}_2 \text{ (g)}$.
- B $\text{O}_2 \text{ (g)}$.
- C $\text{H}_2\text{O} \text{ (l)}$.
- D $\text{OH}^- \text{ (aq)}$.
- E $\text{Zn(OH)}_4^{2-} \text{ (aq)}$.



Questão 119

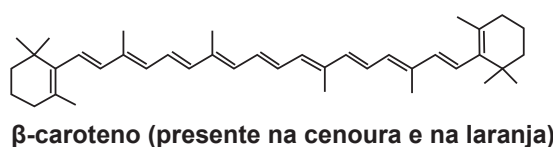
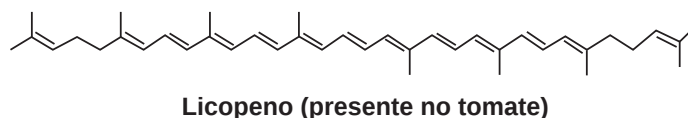
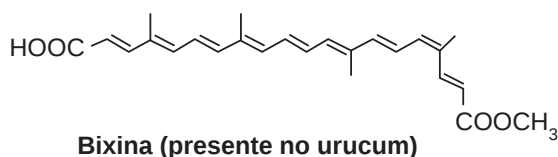
Dois amigos se encontram em um posto de gasolina para calibrar os pneus de suas bicicletas. Uma das bicicletas é de corrida (bicicleta **A**) e a outra, de passeio (bicicleta **B**). Os pneus de ambas as bicicletas têm as mesmas características, exceto que a largura dos pneus de **A** é menor que a largura dos pneus de **B**. Ao calibrarem os pneus das bicicletas **A** e **B**, respectivamente com pressões de calibração p_A e p_B , os amigos observam que o pneu da bicicleta **A** deforma, sob mesmos esforços, muito menos que o pneu da bicicleta **B**. Pode-se considerar que as massas de ar comprimido no pneu da bicicleta **A**, m_A , e no pneu da bicicleta **B**, m_B , são diretamente proporcionais aos seus volumes.

Comparando as pressões e massas de ar comprimido nos pneus das bicicletas, temos:

- A** $p_A < p_B$ e $m_A < m_B$
- B** $p_A > p_B$ e $m_A < m_B$
- C** $p_A > p_B$ e $m_A = m_B$
- D** $p_A < p_B$ e $m_A = m_B$
- E** $p_A > p_B$ e $m_A > m_B$

Questão 120

A utilização de corantes na indústria de alimentos é bastante difundida e a escolha por corantes naturais vem sendo mais explorada por diversas razões. A seguir são mostradas três estruturas de corantes naturais.



HAMERSKI, L.; REZENDE, M. J. C.; SILVA, B. V. Usando as cores da natureza para atender aos desejos do consumidor: substâncias naturais como corantes na indústria alimentícia. *Revista Virtual de Química*, n. 3, 2013.

A propriedade comum às estruturas que confere cor a esses compostos é a presença de

- A** cadeia conjugada.
- B** cadeia ramificada.
- C** átomos de carbonos terciários.
- D** ligações duplas de configuração cis.
- E** átomos de carbonos de hibridação sp^3 .



enem2019

Questão 121

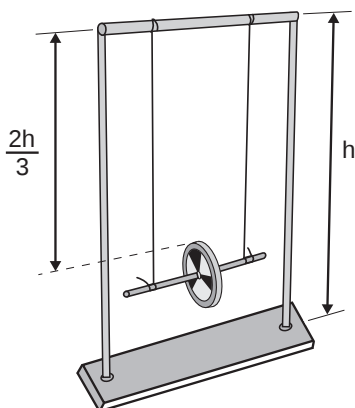
Numa feira de ciências, um estudante utilizará o disco de Maxwell (ioiô) para demonstrar o princípio da conservação da energia. A apresentação consistirá em duas etapas:

Etapa 1 - a explicação de que, à medida que o disco desce, parte de sua energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética de translação e energia cinética de rotação;

Etapa 2 - o cálculo da energia cinética de rotação do disco no ponto mais baixo de sua trajetória, supondo o sistema conservativo.

Ao preparar a segunda etapa, ele considera a aceleração da gravidade igual a 10 m s^{-2} e a velocidade linear do centro de massa do disco desprezível em comparação com a velocidade angular. Em seguida, mede a altura do topo do disco em relação ao chão no ponto mais baixo de sua trajetória, obtendo $\frac{1}{3}$ da altura da haste do brinquedo.

As especificações de tamanho do brinquedo, isto é, de comprimento (C), largura (L) e altura (A), assim como da massa de seu disco de metal, foram encontradas pelo estudante no recorte de manual ilustrado a seguir.



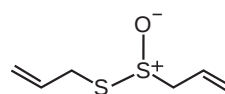
Conteúdo: base de metal, hastes metálicas, barra superior, disco de metal.
Tamanho (C × L × A): 300 mm × 100 mm × 410 mm
Massa do disco de metal: 30 g

O resultado do cálculo da etapa 2, em joule, é:

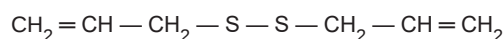
- A $4,10 \times 10^{-2}$
- B $8,20 \times 10^{-2}$
- C $1,23 \times 10^{-1}$
- D $8,20 \times 10^4$
- E $1,23 \times 10^5$

Questão 122

O odor que permanece nas mãos após o contato com alho pode ser eliminado pela utilização de um “sabonete de aço inoxidável”, constituído de aço inox (74%), cromo e níquel. A principal vantagem desse “sabonete” é que ele não se desgasta com o uso. Considere que a principal substância responsável pelo odor de alho é a alicina (estrutura I) e que, para que o odor seja eliminado, ela seja transformada na estrutura II.



Estrutura I



Estrutura II

Na conversão de I em II, o “sabonete” atuará como um

- A ácido.
- B redutor.
- C eletrólito.
- D tensoativo.
- E catalisador.

Questão 123

A poluição radioativa compreende mais de 200 nuclídeos, sendo que, do ponto de vista de impacto ambiental, destacam-se o célio-137 e o estrôncio-90. A maior contribuição de radionuclídeos antropogênicos no meio marinho ocorreu durante as décadas de 1950 e 1960, como resultado dos testes nucleares realizados na atmosfera. O estrôncio-90 pode se acumular nos organismos vivos e em cadeias alimentares e, em razão de sua semelhança química, pode participar no equilíbrio com carbonato e substituir o cálcio em diversos processos biológicos.

FIGUEIRA, R. C. L.; CUNHA, I. I. L. A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos. *Química Nova*, n. 21, 1998 (adaptado).

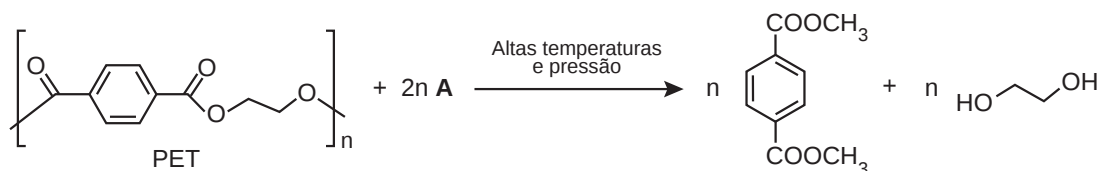
Ao entrar numa cadeia alimentar da qual o homem faz parte, em qual tecido do organismo humano o estrôncio-90 será acumulado predominantemente?

- A Cartilaginoso.
- B Sanguíneo.
- C Muscular.
- D Nervoso.
- E Ósseo.



Questão 124

Uma das técnicas de reciclagem química do polímero PET [poli(tereftalato de etileno)] gera o tereftalato de metila e o etanodiol, conforme o esquema de reação, e ocorre por meio de uma reação de transesterificação.

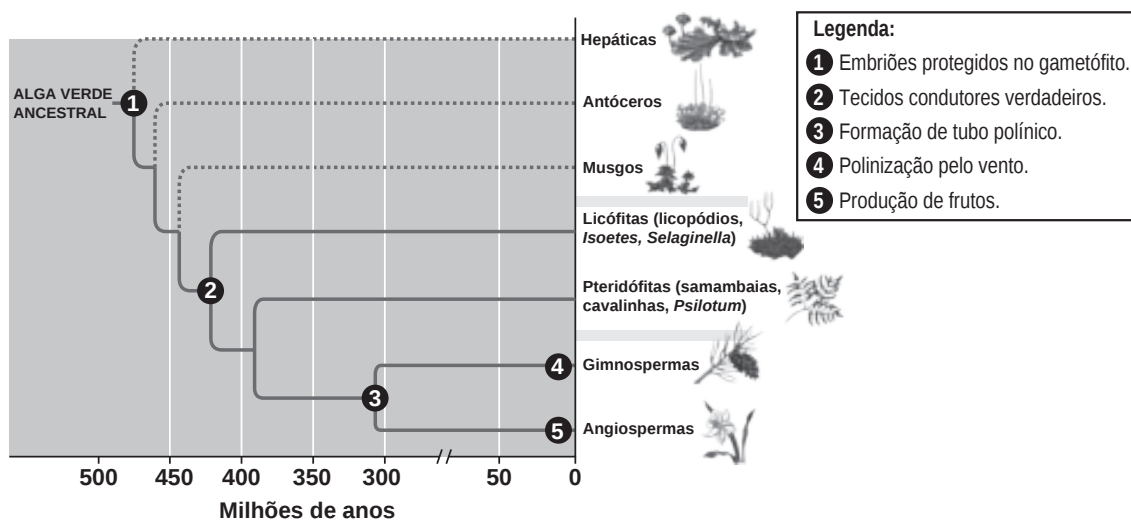


O composto A, representado no esquema de reação, é o

- A metano.
- B metanol.
- C éter metílico.
- D ácido etanoico.
- E anidrido etanoico.

Questão 125

Durante sua evolução, as plantas apresentaram grande diversidade de características, as quais permitiram sua sobrevivência em diferentes ambientes. Na imagem, cinco dessas características estão indicadas por números.



CAMPBELL, N. et al. **Biologia**. São Paulo: Artmed, 2010 (adaptado).

A aquisição evolutiva que permitiu a conquista definitiva do ambiente terrestre pelas plantas está indicada pelo número

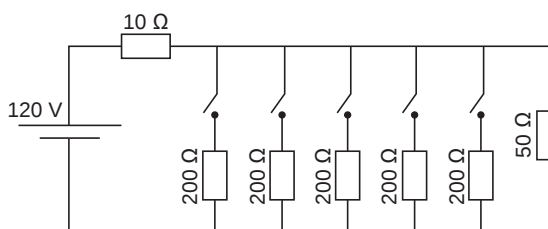
- A 1.
- B 2.
- C 3.
- D 4.
- E 5.



enem2019

Questão 126

Uma casa tem um cabo elétrico mal dimensionado, de resistência igual a $10\ \Omega$, que a conecta à rede elétrica de 120 V . Nessa casa, cinco lâmpadas, de resistência igual a $200\ \Omega$, estão conectadas ao mesmo circuito que uma televisão de resistência igual a $50\ \Omega$, conforme ilustrado no esquema. A televisão funciona apenas com tensão entre 90 V e 130 V .



O número máximo de lâmpadas que podem ser ligadas sem que a televisão pare de funcionar é:

- A 1.
- B 2.
- C 3.
- D 4.
- E 5.

Questão 127

O 2,4-dinitrofenol (DNP) é conhecido como desacoplador da cadeia de elétrons na mitocôndria e apresenta um efeito emagrecedor. Contudo, por ser perigoso e pela ocorrência de casos letais, seu uso como medicamento é proibido em diversos países, inclusive no Brasil. Na mitocôndria, essa substância captura, no espaço intermembranas, prótons (H^+) provenientes da atividade das proteínas da cadeia respiratória, retornando-os à matriz mitocondrial. Assim, esses prótons não passam pelo transporte enzimático na membrana interna.

GRUNDLINGH, J. et al. 2,4-Dinitrophenol (DNP): a Weight Loss Agent with Significant Acute Toxicity and Risk of Death. *Journal of Medical Toxicology*, v. 7, 2011 (adaptado).

O efeito emagrecedor desse composto está relacionado ao(à)

- A obstrução da cadeia respiratória, resultando em maior consumo celular de ácidos graxos.
- B bloqueio das reações do ciclo de Krebs, resultando em maior gasto celular de energia.
- C diminuição da produção de acetil CoA, resultando em maior gasto celular de piruvato.
- D inibição da glicólise, resultando em maior absorção celular da glicose sanguínea.
- E redução da produção de ATP, resultando em maior gasto celular de nutrientes.

Questão 128

Em 1808, Dalton publicou o seu famoso livro intitulado *Um novo sistema de filosofia química* (do original *A New System of Chemical Philosophy*), no qual continha os cinco postulados que serviam como alicerce da primeira teoria atômica da matéria fundamentada no método científico. Esses postulados são numerados a seguir:

1. A matéria é constituída de átomos indivisíveis.
2. Todos os átomos de um dado elemento químico são idênticos em massa e em todas as outras propriedades.
3. Diferentes elementos químicos têm diferentes tipos de átomos; em particular, seus átomos têm diferentes massas.
4. Os átomos são indestrutíveis e nas reações químicas mantêm suas identidades.
5. Átomos de elementos combinam com átomos de outros elementos em proporções de números inteiros pequenos para formar compostos.

Após o modelo de Dalton, outros modelos baseados em outros dados experimentais evidenciaram, entre outras coisas, a natureza elétrica da matéria, a composição e organização do átomo e a quantização da energia no modelo atômico.

OXTOBY, D. W.; GILLIS, H. P.; BUTLER, L. J. *Principles of Modern Chemistry*. Boston: Cengage Learning, 2012 (adaptado).

Com base no modelo atual que descreve o átomo, qual dos postulados de Dalton ainda é considerado correto?

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4
- E 5



Questão 129

Um dos parâmetros de controle de qualidade de polpas de frutas destinadas ao consumo como bebida é a acidez total expressa em ácido cítrico, que corresponde à massa dessa substância em 100 gramas de polpa de fruta. O ácido cítrico é uma molécula orgânica que apresenta três hidrogênios ionizáveis (ácido triprótico) e massa molar 192 g mol^{-1} . O quadro indica o valor mínimo desse parâmetro de qualidade para polpas comerciais de algumas frutas.

Polpa de fruta	Valor mínimo da acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)
Acerola	0,8
Caju	0,3
Cupuaçu	1,5
Graviola	0,6
Maracujá	2,5

A acidez total expressa em ácido cítrico de uma amostra comercial de polpa de fruta foi determinada. No procedimento, adicionou-se água destilada a 2,2 g da amostra e, após a solubilização do ácido cítrico, o sólido remanescente foi filtrado. A solução obtida foi titulada com solução de hidróxido de sódio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, em que se consumiram 24 mL da solução básica (titulante).

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução normativa n. 1, de 7 de janeiro de 2000.** Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 9 maio 2019 (adaptado).

Entre as listadas, a amostra analisada pode ser de qual polpa de fruta?

- A) Apenas caju.
- B) Apenas maracujá.
- C) Caju ou graviola.
- D) Acerola ou cupuaçu.
- E) Cupuaçu ou graviola.

Questão 130

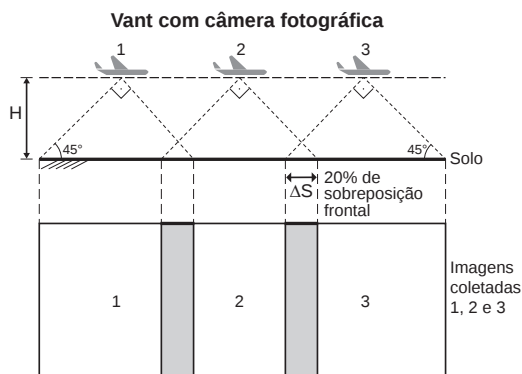
Uma cozinheira colocou sal a mais no feijão que estava cozinhando. Para solucionar o problema, ela acrescentou batatas cruas e sem tempero dentro da panela. Quando terminou de cozinhá-lo, as batatas estavam salgadas, porque absorveram parte do caldo com excesso de sal. Finalmente, ela adicionou água para completar o caldo do feijão.

O sal foi absorvido pelas batatas por

- A) osmose, por envolver apenas o transporte do solvente.
- B) fagocitose, porque o sal transportado é uma substância sólida.
- C) exocitose, uma vez que o sal foi transportado da água para a batata.
- D) pinocitose, porque o sal estava diluído na água quando foi transportado.
- E) difusão, porque o transporte ocorreu a favor do gradiente de concentração.

Questão 131

A agricultura de precisão reúne técnicas agrícolas que consideram particularidades locais do solo ou lavoura a fim de otimizar o uso de recursos. Uma das formas de adquirir informações sobre essas particularidades é a fotografia aérea de baixa altitude realizada por um veículo aéreo não tripulado (vant). Na fase de aquisição é importante determinar o nível de sobreposição entre as fotografias. A figura ilustra como uma sequência de imagens é coletada por um vant e como são formadas as sobreposições frontais.



O operador do vant recebe uma encomenda na qual as imagens devem ter uma sobreposição frontal de 20% em um terreno plano. Para realizar a aquisição das imagens, seleciona uma altitude H fixa de voo de 1 000 m, a uma velocidade constante de 50 m s^{-1} . A abertura da câmera fotográfica do vant é de 90° . Considere $\text{tg}(45^\circ) = 1$.

Natural Resources Canada. **Concepts of Aerial Photography.** Disponível em: www.nrcan.gc.ca. Acesso em: 26 abr. 2019 (adaptado).

Com que intervalo de tempo o operador deve adquirir duas imagens consecutivas?

- A) 40 segundos.
- B) 32 segundos.
- C) 28 segundos.
- D) 16 segundos.
- E) 8 segundos.


Questão 132

A maioria das pessoas fica com a visão embaçada ao abrir os olhos debaixo d'água. Mas há uma exceção: o povo moken, que habita a costa da Tailândia. Essa característica se deve principalmente à adaptabilidade do olho e à plasticidade do cérebro, o que significa que você também, com algum treinamento, poderia enxergar relativamente bem debaixo d'água. Estudos mostraram que as pupilas de olhos de indivíduos moken sofrem redução significativa debaixo d'água, o que faz com que os raios luminosos incidam quase paralelamente ao eixo óptico da pupila.

GISLÉN, A. et al. Visual Training Improves Underwater Vision in Children. *Vision Research*, n. 46, 2006 (adaptado).

A acuidade visual associada à redução das pupilas é fisicamente explicada pela diminuição

- A** da intensidade luminosa incidente na retina.
- B** da difração dos feixes luminosos que atravessam a pupila.
- C** da intensidade dos feixes luminosos em uma direção por polarização.
- D** do desvio dos feixes luminosos refratados no interior do olho.
- E** das reflexões dos feixes luminosos no interior do olho.

Questão 133

O "The Kidney Project" é um projeto realizado por cientistas que pretendem desenvolver um rim biônico que executará a maioria das funções biológicas do órgão. O rim biônico possuirá duas partes que incorporam recentes avanços de nanotecnologia, filtração de membrana e biologia celular. Esse projeto significará uma grande melhoria na qualidade de vida para aquelas pessoas que dependem da hemodiálise para sobrevivência.

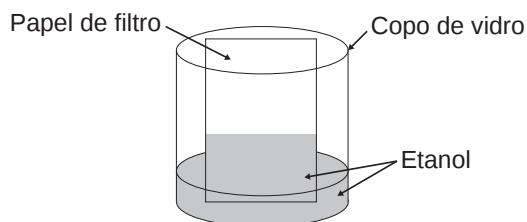
Disponível em: <https://pharm.ucsf.edu>. Acesso em: 26 abr. 2019 (adaptado).

O dispositivo criado promoverá diretamente a

- A** remoção de ureia.
- B** excreção de lipídios.
- C** síntese de vasopressina.
- D** transformação de amônia.
- E** fabricação de aldosterona.

Questão 134

Um experimento simples, que pode ser realizado com materiais encontrados em casa, é realizado da seguinte forma: adiciona-se um volume de etanol em um copo de vidro e, em seguida, uma folha de papel. Com o passar do tempo, observa-se um comportamento peculiar: o etanol se desloca sobre a superfície do papel, superando a gravidade que o atrai no sentido oposto, como mostra a imagem. Para parte dos estudantes, isso ocorre por causa da absorção do líquido pelo papel.



Do ponto de vista científico, o que explica o movimento do líquido é a

- A** evaporação do líquido.
- B** diferença de densidades.
- C** reação química com o papel.
- D** capilaridade nos poros do papel.
- E** resistência ao escoamento do líquido.

Questão 135

Quando se considera a extrema velocidade com que a luz se espalha por todos os lados e que, quando vêm de diferentes lugares, mesmo totalmente opostos, [os raios luminosos] se atravessam uns aos outros sem se atrapalharem, compreende-se que, quando vemos um objeto luminoso, isso não poderia ocorrer pelo transporte de uma matéria que venha do objeto até nós, como uma flecha ou bala atravessa o ar; pois certamente isso repugna bastante a essas duas propriedades da luz, principalmente a última.

HUYGENS, C. In: MARTINS, R. A. Tratado sobre a luz, de Cristian Huygens. *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, supl. 4, 1986.

O texto contesta que concepção acerca do comportamento da luz?

- A** O entendimento de que a luz precisa de um meio de propagação, difundido pelos defensores da existência do éter.
- B** O modelo ondulatório para a luz, o qual considera a possibilidade de interferência entre feixes luminosos.
- C** O modelo corpuscular defendido por Newton, que descreve a luz como um feixe de partículas.
- D** A crença na velocidade infinita da luz, defendida pela maioria dos filósofos gregos.
- E** A ideia defendida pelos gregos de que a luz era produzida pelos olhos.



MATEMÁTICA E SUAS TECNOLOGIAS

Questões de 136 a 180

Questão 136

Um grupo de países criou uma instituição responsável por organizar o Programa Internacional de Nivelamento de Estudos (PINE) com o objetivo de melhorar os índices mundiais de educação. Em sua sede foi construída uma escultura suspensa, com a logomarca oficial do programa, em três dimensões, que é formada por suas iniciais, conforme mostrada na figura.

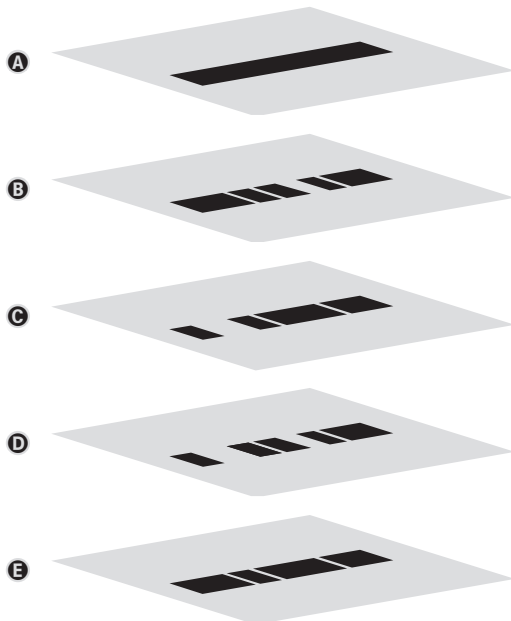
PINE

Essa escultura está suspensa por cabos de aço, de maneira que o espaçamento entre letras adjacentes é o mesmo, todas têm igual espessura e ficam dispostas em posição ortogonal ao solo, como ilustrado a seguir.



Ao meio-dia, com o sol a pino, as letras que formam essa escultura projetam ortogonalmente suas sombras sobre o solo.

A sombra projetada no solo é



Questão 137

A *Hydrangea macrophylla* é uma planta com flor azul ou cor-de-rosa, dependendo do pH do solo no qual está plantada. Em solo ácido (ou seja, com $\text{pH} < 7$) a flor é azul, enquanto que em solo alcalino (ou seja, com $\text{pH} > 7$) a flor é rosa. Considere que a *Hydrangea* cor-de-rosa mais valorizada comercialmente numa determinada região seja aquela produzida em solo com pH inferior a 8. Sabe-se que $\text{pH} = -\log_{10}x$, em que x é a concentração de íon hidrogênio (H^+).

Para produzir a *Hydrangea* cor-de-rosa de maior valor comercial, deve-se preparar o solo de modo que x assuma

- A qualquer valor acima de 10^{-8} .
- B qualquer valor positivo inferior a 10^{-7} .
- C valores maiores que 7 e menores que 8.
- D valores maiores que 70 e menores que 80.
- E valores maiores que 10^{-8} e menores que 10^{-7} .

Questão 138

Uma pessoa, que perdeu um objeto pessoal quando visitou uma cidade, pretende divulgar nos meios de comunicação informações a respeito da perda desse objeto e de seu contato para eventual devolução. No entanto, ela lembra que, de acordo com o Art. 1 234 do Código Civil, poderá ter que pagar pelas despesas do transporte desse objeto até sua cidade e poderá ter que recompensar a pessoa que lhe restituir o objeto em, pelo menos, 5% do valor do objeto.

Ela sabe que o custo com transporte será de um quinto do valor atual do objeto e, como ela tem muito interesse em reavê-lo, pretende ofertar o maior percentual possível de recompensa, desde que o gasto total com as despesas não ultrapasse o valor atual do objeto.

Nessas condições, o percentual sobre o valor do objeto, dado como recompensa, que ela deverá ofertar é igual a

- A 20%
- B 25%
- C 40%
- D 60%
- E 80%



enem2019

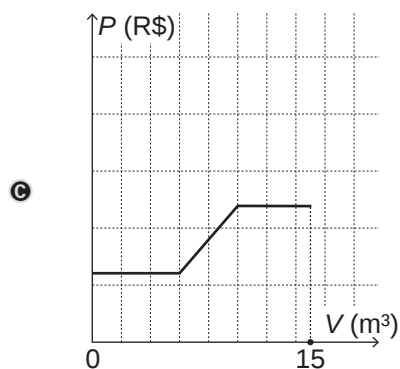
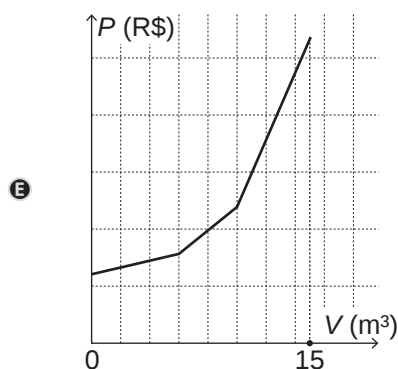
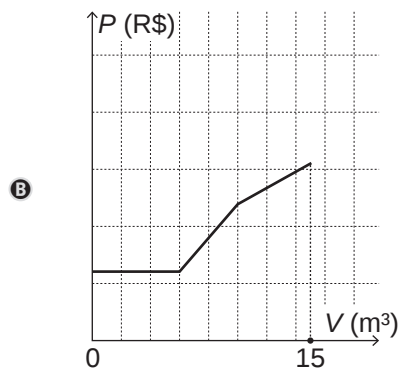
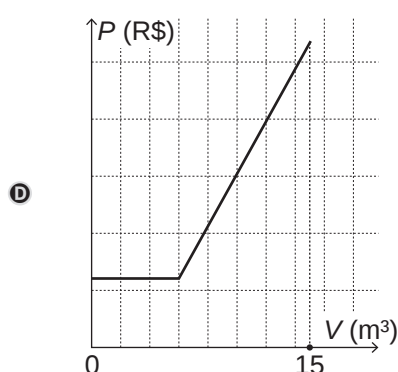
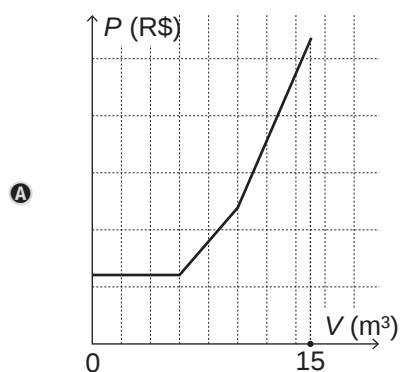
Questão 139

Uma empresa presta serviço de abastecimento de água em uma cidade. O valor mensal a pagar por esse serviço é determinado pela aplicação de tarifas, por faixas de consumo de água, sendo obtido pela adição dos valores correspondentes a cada faixa.

- Faixa 1: para consumo de até 6 m^3 , valor fixo de R\$ 12,00;
- Faixa 2: para consumo superior a 6 m^3 e até 10 m^3 , tarifa de R\$ 3,00 por metro cúbico ao que exceder a 6 m^3 ;
- Faixa 3: para consumo superior a 10 m^3 , tarifa de R\$ 6,00 por metro cúbico ao que exceder a 10 m^3 .

Sabe-se que nessa cidade o consumo máximo de água por residência é de 15 m^3 por mês.

O gráfico que melhor descreve o valor P , em real, a ser pago por mês, em função do volume V de água consumido, em metro cúbico, é





Questão 140

A gripe é uma infecção respiratória aguda de curta duração causada pelo vírus *influenza*. Ao entrar no nosso organismo pelo nariz, esse vírus multiplica-se, disseminando-se para a garganta e demais partes das vias respiratórias, incluindo os pulmões.

O vírus *influenza* é uma partícula esférica que tem um diâmetro interno de 0,00011 mm.

Disponível em: www.gripenet.pt. Acesso em: 2 nov. 2013 (adaptado).

Em notação científica, o diâmetro interno do vírus *influenza*, em mm, é

- A $1,1 \times 10^{-1}$
- B $1,1 \times 10^{-2}$
- C $1,1 \times 10^{-3}$
- D $1,1 \times 10^{-4}$
- E $1,1 \times 10^{-5}$

Questão 141

Em um jogo on-line, cada jogador procura subir de nível e aumentar sua experiência, que são dois parâmetros importantes no jogo, dos quais dependem as forças de defesa e de ataque do participante. A força de defesa de cada jogador é diretamente proporcional ao seu nível e ao quadrado de sua experiência, enquanto sua força de ataque é diretamente proporcional à sua experiência e ao quadrado do seu nível. Nenhum jogador sabe o nível ou a experiência dos demais. Os jogadores iniciam o jogo no nível 1 com experiência 1 e possuem força de ataque 2 e de defesa 1. Nesse jogo, cada participante se movimenta em uma cidade em busca de tesouros para aumentar sua experiência. Quando dois deles se encontram, um deles pode desafiar o outro para um confronto, sendo o desafiante considerado o atacante. Compara-se então a força de ataque do desafiante com a força de defesa do desafiado e vence o confronto aquele cuja força for maior. O vencedor do desafio aumenta seu nível em uma unidade. Caso haja empate no confronto, ambos os jogadores aumentam seus níveis em uma unidade.

Durante um jogo, o jogador J_1 , de nível 4 e experiência 5, irá atacar o jogador J_2 , de nível 2 e experiência 6.

O jogador J_1 venceu esse confronto porque a diferença entre sua força de ataque e a força de defesa de seu oponente era

- A 112.
- B 88.
- C 60.
- D 28.
- E 24.

Questão 142

Em um condomínio, uma área pavimentada, que tem a forma de um círculo com diâmetro medindo 6 m, é cercada por grama. A administração do condomínio deseja ampliar essa área, mantendo seu formato circular, e aumentando, em 8 m, o diâmetro dessa região, mantendo o revestimento da parte já existente. O condomínio dispõe, em estoque, de material suficiente para pavimentar mais 100 m² de área. O síndico do condomínio irá avaliar se esse material disponível será suficiente para pavimentar a região a ser ampliada.

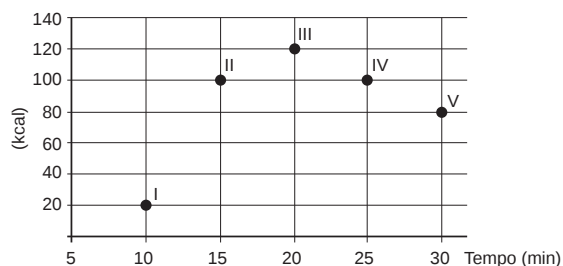
Utilize 3 como aproximação para π .

A conclusão correta a que o síndico deverá chegar, considerando a nova área a ser pavimentada, é a de que o material disponível em estoque

- A será suficiente, pois a área da nova região a ser pavimentada mede 21 m².
- B será suficiente, pois a área da nova região a ser pavimentada mede 24 m².
- C será suficiente, pois a área da nova região a ser pavimentada mede 48 m².
- D não será suficiente, pois a área da nova região a ser pavimentada mede 108 m².
- E não será suficiente, pois a área da nova região a ser pavimentada mede 120 m².

Questão 143

Os exercícios físicos são recomendados para o bom funcionamento do organismo, pois aceleram o metabolismo e, em consequência, elevam o consumo de calorias. No gráfico, estão registrados os valores calóricos, em kcal, gastos em cinco diferentes atividades físicas, em função do tempo dedicado às atividades, contado em minuto.



Qual dessas atividades físicas proporciona o maior consumo de quilocalorias por minuto?

- A I
- B II
- C III
- D IV
- E V



enem2019

Questão 144

Um professor aplica, durante os cinco dias úteis de uma semana, testes com quatro questões de múltipla escolha a cinco alunos. Os resultados foram representados na matriz.

$$\begin{bmatrix} 3 & 2 & 0 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 4 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 2 & 3 & 2 \\ 3 & 2 & 4 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 4 & 4 \end{bmatrix}$$

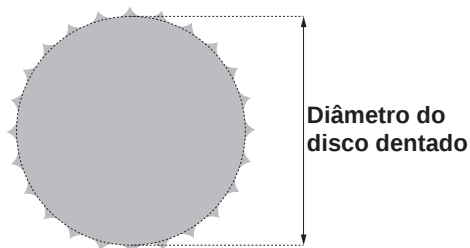
Nessa matriz os elementos das linhas de 1 a 5 representam as quantidades de questões acertadas pelos alunos Ana, Bruno, Carlos, Denis e Érica, respectivamente, enquanto que as colunas de 1 a 5 indicam os dias da semana, de segunda-feira a sexta-feira, respectivamente, em que os testes foram aplicados.

O teste que apresentou maior quantidade de acertos foi o aplicado na

- A** segunda-feira.
- B** terça-feira.
- C** quarta-feira.
- D** quinta-feira.
- E** sexta-feira.

Questão 145

Um ciclista quer montar um sistema de marchas usando dois discos dentados na parte traseira de sua bicicleta, chamados catracas. A coroa é o disco dentado que é movimentado pelos pedais da bicicleta, sendo que a corrente transmite esse movimento às catracas, que ficam posicionadas na roda traseira da bicicleta. As diferentes marchas ficam definidas pelos diferentes diâmetros das catracas, que são medidos conforme indicação na figura.



O ciclista já dispõe de uma catraca com 7 cm de diâmetro e pretende incluir uma segunda catraca, de modo que, à medida em que a corrente passe por ela, a bicicleta avance 50% a mais do que avançaria se a corrente passasse pela primeira catraca, a cada volta completa dos pedais.

O valor mais próximo da medida do diâmetro da segunda catraca, em centímetro e com uma casa decimal, é

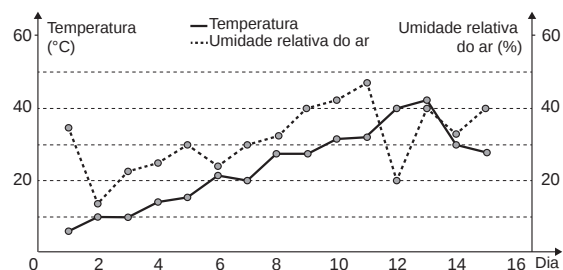
- A** 2,3.
- B** 3,5.
- C** 4,7.
- D** 5,3.
- E** 10,5.

Questão 146

O serviço de meteorologia de uma cidade emite relatórios diários com a previsão do tempo. De posse dessas informações, a prefeitura emite três tipos de alertas para a população:

- Alerta cinza: deverá ser emitido sempre que a previsão do tempo estimar que a temperatura será inferior a 10 °C, e a umidade relativa do ar for inferior a 40%;
- Alerta laranja: deverá ser emitido sempre que a previsão do tempo estimar que a temperatura deve variar entre 35 °C e 40 °C, e a umidade relativa do ar deve ficar abaixo de 30%;
- Alerta vermelho: deverá ser emitido sempre que a previsão do tempo estimar que a temperatura será superior a 40 °C, e a umidade relativa do ar for inferior a 25%.

Um resumo da previsão do tempo nessa cidade, para um período de 15 dias, foi apresentado no gráfico.



Decorridos os 15 dias de validade desse relatório, um funcionário percebeu que, no período a que se refere o gráfico, foram emitidos os seguintes alertas:

- Dia 1: alerta cinza;
- Dia 12: alerta laranja;
- Dia 13: alerta vermelho.

Em qual(is) desses dias o(s) aviso(s) foi(ram) emitido(s) corretamente?

- A** 1
- B** 12
- C** 1 e 12
- D** 1 e 13
- E** 1, 12 e 13



Questão 147

Uma administração municipal encomendou a pintura de dez placas de sinalização para colocar em seu pátio de estacionamento.

O profissional contratado para o serviço inicial pintará o fundo de dez placas e cobrará um valor de acordo com a área total dessas placas. O formato de cada placa é um círculo de diâmetro $d = 40$ cm, que tangencia lados de um retângulo, sendo que o comprimento total da placa é $h = 60$ cm, conforme ilustrado na figura. Use 3,14 como aproximação para π .



Qual é a soma das medidas das áreas, em centímetros quadrados, das dez placas?

- A 16 628
- B 22 280
- C 28 560
- D 41 120
- E 66 240

Questão 148

O rótulo da embalagem de um cosmético informa que a dissolução de seu conteúdo, de acordo com suas especificações, rende 2,7 litros desse produto pronto para o uso. Uma pessoa será submetida a um tratamento estético em que deverá tomar um banho de imersão com esse produto numa banheira com capacidade de $0,3 \text{ m}^3$. Para evitar o transbordamento, essa banheira será preenchida em 80% de sua capacidade.

Para esse banho, o número mínimo de embalagens desse cosmético é

- A 9.
- B 12.
- C 89.
- D 112.
- E 134.

Questão 149

O slogan “Se beber não dirija”, muito utilizado em campanhas publicitárias no Brasil, chama a atenção para o grave problema da ingestão de bebida alcoólica por motoristas e suas consequências para o trânsito. A gravidade desse problema pode ser percebida observando como o assunto é tratado pelo Código de Trânsito Brasileiro. Em 2013, a quantidade máxima de álcool permitida no sangue do condutor de um veículo, que já era pequena, foi reduzida, e o valor da multa para motoristas alcoolizados foi aumentado. Em consequência dessas mudanças, observou-se queda no número de acidentes registrados em uma suposta rodovia nos anos que se seguiram às mudanças implantadas em 2013, conforme dados no quadro.

Ano	2013	2014	2015
Número total de acidentes	1 050	900	850

Suponha que a tendência de redução no número de acidentes nessa rodovia para os anos subsequentes seja igual à redução absoluta observada de 2014 para 2015.

Com base na situação apresentada, o número de acidentes esperados nessa rodovia em 2018 foi de

- A 150.
- B 450.
- C 550.
- D 700.
- E 800.

Questão 150

Uma pessoa se interessou em adquirir um produto anunciado em uma loja. Negociou com o gerente e conseguiu comprá-lo a uma taxa de juros compostos de 1% ao mês. O primeiro pagamento será um mês após a aquisição do produto, e no valor de R\$ 202,00. O segundo pagamento será efetuado um mês após o primeiro, e terá o valor de R\$ 204,02. Para concretizar a compra, o gerente emitirá uma nota fiscal com o valor do produto à vista negociado com o cliente, correspondendo ao financiamento aprovado.

O valor à vista, em real, que deverá constar na nota fiscal é de

- A 398,02.
- B 400,00.
- C 401,94.
- D 404,00.
- E 406,02.



enem2019

Questão 151

Três sócios resolveram fundar uma fábrica. O investimento inicial foi de R\$ 1 000 000,00. E, independentemente do valor que cada um investiu nesse primeiro momento, resolveram considerar que cada um deles contribuiu com um terço do investimento inicial.

Algum tempo depois, um quarto sócio entrou para a sociedade, e os quatro, juntos, investiram mais R\$ 800 000,00 na fábrica. Cada um deles contribuiu com um quarto desse valor. Quando venderam a fábrica, nenhum outro investimento havia sido feito. Os sócios decidiram então dividir o montante de R\$ 1 800 000,00 obtido com a venda, de modo proporcional à quantia total investida por cada sócio.

Quais os valores mais próximos, em porcentagens, correspondentes às parcelas financeiras que cada um dos três sócios iniciais e o quarto sócio, respectivamente, receberam?

- A 29,60 e 11,11.
- B 28,70 e 13,89.
- C 25,00 e 25,00.
- D 18,52 e 11,11.
- E 12,96 e 13,89.

Questão 152

Para contratar três máquinas que farão o reparo de vias rurais de um município, a prefeitura elaborou um edital que, entre outras cláusulas, previa:

- Cada empresa interessada só pode cadastrar uma única máquina para concorrer ao edital;
- O total de recursos destinados para contratar o conjunto das três máquinas é de R\$ 31 000,00;
- O valor a ser pago a cada empresa será inversamente proporcional à idade de uso da máquina cadastrada pela empresa para o presente edital.

As três empresas vencedoras do edital cadastraram máquinas com 2, 3 e 5 anos de idade de uso.

Quanto receberá a empresa que cadastrou a máquina com maior idade de uso?

- A R\$ 3 100,00
- B R\$ 6 000,00
- C R\$ 6 200,00
- D R\$ 15 000,00
- E R\$ 15 500,00

Questão 153

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o rendimento médio mensal dos trabalhadores brasileiros, no ano 2000, era de R\$ 1 250,00. Já o Censo 2010 mostrou que, em 2010, esse valor teve um aumento de 7,2% em relação a 2000. Esse mesmo instituto projeta que, em 2020, o rendimento médio mensal dos trabalhadores brasileiros poderá ser 10% maior do que foi em 2010.

IBGE. Censo 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 13 ago. 2012 (adaptado).

Supondo que as projeções do IBGE se realizem, o rendimento médio mensal dos brasileiros em 2020 será de

- A R\$ 1 340,00.
- B R\$ 1 349,00.
- C R\$ 1 375,00.
- D R\$ 1 465,00.
- E R\$ 1 474,00.

Questão 154

Charles Richter e Beno Gutenberg desenvolveram a escala Richter, que mede a magnitude de um terremoto. Essa escala pode variar de 0 a 10, com possibilidades de valores maiores. O quadro mostra a escala de magnitude local (M_s) de um terremoto que é utilizada para descrevê-lo.

Descrição	Magnitude local (M_s) ($\mu\text{m} \cdot \text{Hz}$)
Pequeno	$0 \leq M_s \leq 3,9$
Ligeiro	$4,0 \leq M_s \leq 4,9$
Moderado	$5,0 \leq M_s \leq 5,9$
Grande	$6,0 \leq M_s \leq 9,9$
Extremo	$M_s \geq 10,0$

Para se calcular a magnitude local, usa-se a fórmula $M_s = 3,30 + \log(A \cdot f)$, em que A representa a amplitude máxima da onda registrada por um sismógrafo em micrômetro (μm) e f representa a frequência da onda, em hertz (Hz). Ocorreu um terremoto com amplitude máxima de 2 000 μm e frequência de 0,2 Hz.

Disponível em: <http://cejarj.cecierj.edu.br>. Acesso em: 1 fev. 2015 (adaptado).

Utilize 0,3 como aproximação para $\log 2$.

De acordo com os dados fornecidos, o terremoto ocorrido pode ser descrito como

- A Pequeno.
- B Ligeiro.
- C Moderado.
- D Grande.
- E Extremo.



Questão 155

Após o Fórum Nacional Contra a Pirataria (FNCP) incluir a linha de autopeças em campanha veiculada contra a falsificação, as agências fiscalizadoras divulgaram que os cinco principais produtos de autopeças falsificados são: rolamento, pastilha de freio, caixa de direção, catalisador e amortecedor.

Após uma grande apreensão, as peças falsas foram cadastradas utilizando-se a codificação:

Disponível em: www.oficinabrasil.com.br.
Acesso em: 25 ago. 2014 (adaptado).

1: rolamento, 2: pastilha de freio, 3: caixa de direção, 4: catalisador e 5: amortecedor.

Ao final obteve-se a sequência: 5, 4, 3, 2, 1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2, 1, 2, 3, 4, 5, 4, 3, 2, 1, 2, 3, 4, ... que apresenta um padrão de formação que consiste na repetição de um bloco de números. Essa sequência descreve a ordem em que os produtos apreendidos foram cadastrados.

O 2 015º item cadastrado foi um(a)

- ☐ A rolamento.
- ☐ B catalisador.
- ☐ C amortecedor.
- ☐ D pastilha de freio.
- ☐ E caixa de direção.

Questão 156

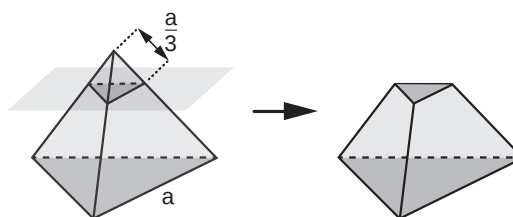
Durante suas férias, oito amigos, dos quais dois são canhotos, decidem realizar um torneio de vôlei de praia. Eles precisam formar quatro duplas para a realização do torneio. Nenhuma dupla pode ser formada por dois jogadores canhotos.

De quantas maneiras diferentes podem ser formadas essas quatro duplas?

- ☐ A 69
- ☐ B 70
- ☐ C 90
- ☐ D 104
- ☐ E 105

Questão 157

As luminárias para um laboratório de matemática serão fabricadas em forma de sólidos geométricos. Uma delas terá a forma de um tetraedro truncado. Esse sólido é gerado a partir de secções paralelas a cada uma das faces de um tetraedro regular. Para essa luminária, as secções serão feitas de maneira que, em cada corte, um terço das arestas seccionadas serão removidas. Uma dessas secções está indicada na figura.



Essa luminária terá por faces

- ☐ A 4 hexágonos regulares e 4 triângulos equiláteros.
- ☐ B 2 hexágonos regulares e 4 triângulos equiláteros.
- ☐ C 4 quadriláteros e 4 triângulos isósceles.
- ☐ D 3 quadriláteros e 4 triângulos isósceles.
- ☐ E 3 hexágonos regulares e 4 triângulos equiláteros.

Questão 158

Comum em lançamentos de empreendimentos imobiliários, as maquetes de condomínios funcionam como uma ótima ferramenta de marketing para as construtoras, pois, além de encantar clientes, auxiliam de maneira significativa os corretores na negociação e venda de imóveis.

Um condomínio está sendo lançado em um novo bairro de uma cidade. Na maquete projetada pela construtora, em escala de 1 : 200, existe um reservatório de água com capacidade de 45 cm³.

Quando todas as famílias estiverem residindo no condomínio, a estimativa é que, por dia, sejam consumidos 30 000 litros de água.

Em uma eventual falta de água, o reservatório cheio será suficiente para abastecer o condomínio por quantos dias?

- ☐ A 30
- ☐ B 15
- ☐ C 12
- ☐ D 6
- ☐ E 3



enem2019

Questão 159

O dono de um restaurante situado às margens de uma rodovia percebeu que, ao colocar uma placa de propaganda de seu restaurante ao longo da rodovia, as vendas aumentaram. Pesquisou junto aos seus clientes e concluiu que a probabilidade de um motorista perceber uma placa de anúncio é $\frac{1}{2}$. Com isso, após autorização do órgão competente, decidiu instalar novas placas com anúncios de seu restaurante ao longo dessa rodovia, de maneira que a probabilidade de um motorista perceber pelo menos uma das placas instaladas fosse superior a $\frac{99}{100}$.

A quantidade mínima de novas placas de propaganda a serem instaladas é

- A 99.
- B 51.
- C 50.
- D 6.
- E 1.

Questão 160

O preparador físico de um time de basquete dispõe de um plantel de 20 jogadores, com média de altura igual a 1,80 m. No último treino antes da estreia em um campeonato, um dos jogadores desfalcou o time em razão de uma séria contusão, forçando o técnico a contratar outro jogador para recompor o grupo.

Se o novo jogador é 0,20 m mais baixo que o anterior, qual é a média de altura, em metro, do novo grupo?

- A 1,60
- B 1,78
- C 1,79
- D 1,81
- E 1,82

Questão 161

Em uma fábrica de refrigerantes, é necessário que se faça periodicamente o controle no processo de engarrafamento para evitar que sejam envasadas garrafas fora da especificação do volume escrito no rótulo.

Diariamente, durante 60 dias, foram anotadas as quantidades de garrafas fora dessas especificações. O resultado está apresentado no quadro.

Quantidade de garrafas fora das especificações por dia	Quantidade de dias
0	52
1	5
2	2
3	1

A média diária de garrafas fora das especificações no período considerado é

- A 0,1.
- B 0,2.
- C 1,5.
- D 2,0.
- E 3,0.

Questão 162

O Sistema Métrico Decimal é o mais utilizado atualmente para medir comprimentos e distâncias. Em algumas atividades, porém, é possível observar a utilização de diferentes unidades de medida. Um exemplo disso pode ser observado no quadro.

Unidade	Equivalência
Polegada	2,54 centímetros
Jarda	3 pés
Jarda	0,9144 metro

Assim, um pé, em polegada, equivale a

- A 0,1200.
- B 0,3048.
- C 1,0800.
- D 12,0000.
- E 36,0000.

Questão 163

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida usada para classificar os países pelo seu grau de desenvolvimento. Para seu cálculo, são levados em consideração a expectativa de vida ao nascer, tempo de escolaridade e renda per capita, entre outros. O menor valor deste índice é zero e o maior é um. Cinco países foram avaliados e obtiveram os seguintes índices de desenvolvimento humano: o primeiro país recebeu um valor X , o segundo $\sqrt{X}$, o terceiro $X^{\frac{1}{3}}$, o quarto X^2 e o último X^3 . Nenhum desses países zerou ou atingiu o índice máximo.

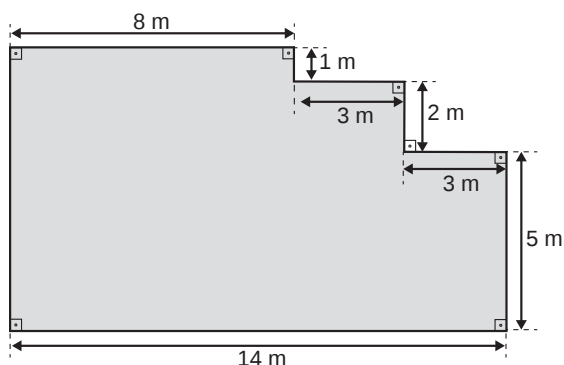
Qual desses países obteve o maior IDH?

- A O primeiro.
- B O segundo.
- C O terceiro.
- D O quarto.
- E O quinto.



Questão 164

Um mestre de obras deseja fazer uma laje com espessura de 5 cm utilizando concreto usinado, conforme as dimensões do projeto dadas na figura. O concreto para fazer a laje será fornecido por uma usina que utiliza caminhões com capacidades máximas de 2 m³, 5 m³ e 10 m³ de concreto.



Qual a menor quantidade de caminhões, utilizando suas capacidades máximas, que o mestre de obras deverá pedir à usina de concreto para fazer a laje?

- A Dez caminhões com capacidade máxima de 10 m³.
- B Cinco caminhões com capacidade máxima de 10 m³.
- C Um caminhão com capacidade máxima de 5 m³.
- D Dez caminhões com capacidade máxima de 2 m³.
- E Um caminhão com capacidade máxima de 2 m³.

Questão 165

O álcool é um depressor do sistema nervoso central e age diretamente em diversos órgãos. A concentração de álcool no sangue pode ser entendida como a razão entre a quantidade q de álcool ingerido, medida em grama, e o volume de sangue, em litro, presente no organismo do indivíduo. Em geral, considera-se que esse volume corresponda ao valor numérico dado por 8% da massa corporal m desse indivíduo, medida em quilograma.

De acordo com a Associação Médica Americana, uma concentração alcoólica superior a 0,4 grama por litro de sangue é capaz de trazer prejuízos à saúde do indivíduo.

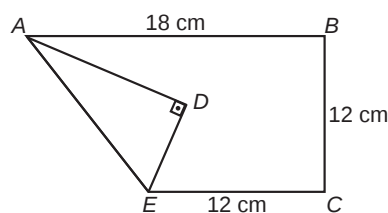
Disponível em: <http://cisa.org.br>. Acesso em: 1 dez. 2018 (adaptado).

A expressão relacionando q e m que representa a concentração alcoólica prejudicial à saúde do indivíduo, de acordo com a Associação Médica Americana, é

- A $\frac{q}{0,8m} > 0,4$
- B $\frac{0,4m}{q} > 0,8$
- C $\frac{q}{0,4m} > 0,8$
- D $\frac{0,08m}{q} > 0,4$
- E $\frac{q}{0,08m} > 0,4$

Questão 166

Construir figuras de diversos tipos, apenas dobrando e cortando papel, sem cola e sem tesoura, é a arte do *origami* (*ori* = dobrar; *kami* = papel), que tem um significado altamente simbólico no Japão. A base do *origami* é o conhecimento do mundo por base do tato. Uma jovem resolveu construir um cisne usando a técnica do *origami*, utilizando uma folha de papel de 18 cm por 12 cm. Assim, começou por dobrar a folha conforme a figura.



Após essa primeira dobradura, a medida do segmento AE é

- A $2\sqrt{22}$ cm.
- B $6\sqrt{3}$ cm.
- C 12 cm.
- D $6\sqrt{5}$ cm.
- E $12\sqrt{2}$ cm.



enem2019

Questão 167

Os alunos de uma turma escolar foram divididos em dois grupos. Um grupo jogaria basquete, enquanto o outro jogaria futebol. Sabe-se que o grupo de basquete é formado pelos alunos mais altos da classe e tem uma pessoa a mais do que o grupo de futebol. A tabela seguinte apresenta informações sobre as alturas dos alunos da turma.

Média	Mediana	Moda
1,65	1,67	1,70

Os alunos P, J, F e M medem, respectivamente, 1,65 m, 1,66 m, 1,67 m e 1,68 m, e as suas alturas não são iguais a de nenhum outro colega da sala.

Segundo essas informações, argumenta-se que os alunos P, J, F e M jogaram, respectivamente,

- A basquete, basquete, basquete, basquete.
- B futebol, basquete, basquete, basquete.
- C futebol, futebol, basquete, basquete.
- D futebol, futebol, futebol, basquete.
- E futebol, futebol, futebol, futebol.

Questão 168

Uma empresa tem diversos funcionários. Um deles é o gerente, que recebe R\$ 1 000,00 por semana. Os outros funcionários são diaristas. Cada um deles trabalha 2 dias por semana, recebendo R\$ 80,00 por dia trabalhado.

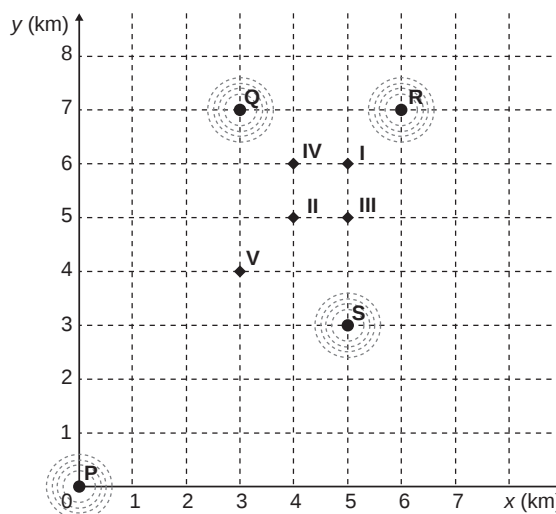
Chamando de X a quantidade total de funcionários da empresa, a quantia Y , em reais, que esta empresa gasta semanalmente para pagar seus funcionários é expressa por

- A $Y = 80X + 920$.
- B $Y = 80X + 1\,000$.
- C $Y = 80X + 1\,080$.
- D $Y = 160X + 840$.
- E $Y = 160X + 1\,000$.

Questão 169

Um aplicativo de relacionamentos funciona da seguinte forma: o usuário cria um perfil com foto e informações pessoais, indica as características dos usuários com quem deseja estabelecer contato e determina um raio de abrangência a partir da sua localização. O aplicativo identifica as pessoas que se encaixam no perfil desejado e que estão a uma distância do usuário menor ou igual ao raio de abrangência. Caso dois usuários tenham perfis compatíveis e estejam numa região de abrangência comum a ambos, o aplicativo promove o contato entre os usuários, o que é chamado de *match*.

O usuário P define um raio de abrangência com medida de 3 km e busca ampliar a possibilidade de obter um *match* se deslocando para a região central da cidade, que concentra um maior número de usuários. O gráfico ilustra alguns bares que o usuário P costuma frequentar para ativar o aplicativo, indicados por I, II, III, IV e V. Sabe-se que os usuários Q, R e S, cujas posições estão descritas pelo gráfico, são compatíveis com o usuário P, e que estes definiram raios de abrangência respectivamente iguais a 3 km, 2 km e 5 km.



Com base no gráfico e nas afirmações anteriores, em qual bar o usuário P teria a possibilidade de um *match* com os usuários Q, R e S, simultaneamente?

- A I
- B II
- C III
- D IV
- E V



Questão 170

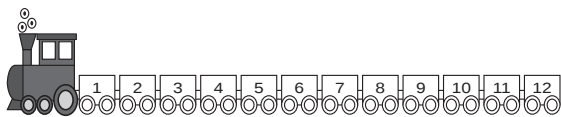
A bula de um antibiótico infantil, fabricado na forma de xarope, recomenda que sejam ministrados, diariamente, no máximo 500 mg desse medicamento para cada quilograma de massa do paciente. Um pediatra prescreveu a dosagem máxima desse antibiótico para ser ministrada diariamente a uma criança de 20 kg pelo período de 5 dias. Esse medicamento pode ser comprado em frascos de 10 mL, 50 mL, 100 mL, 250 mL e 500 mL. Os pais dessa criança decidiram comprar a quantidade exata de medicamento que precisará ser ministrada no tratamento, evitando a sobra de medicamento. Considere que 1 g desse medicamento ocupe um volume de 1 cm³.

A capacidade do frasco, em mililitro, que esses pais deverão comprar é

- A 10.
- B 50.
- C 100.
- D 250.
- E 500.

Questão 171

Uma empresa confecciona e comercializa um brinquedo formado por uma locomotiva, pintada na cor preta, mais 12 vagões de iguais formato e tamanho, numerados de 1 a 12. Dos 12 vagões, 4 são pintados na cor vermelha, 3 na cor azul, 3 na cor verde e 2 na cor amarela. O trem é montado utilizando-se uma locomotiva e 12 vagões, ordenados crescentemente segundo suas numerações, conforme ilustrado na figura.

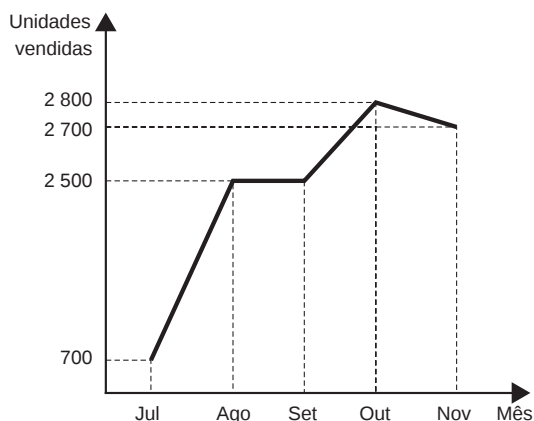


De acordo com as possíveis variações nas colorações dos vagões, a quantidade de trens que podem ser montados, expressa por meio de combinações, é dada por

- A $C_{12}^4 \times C_{12}^3 \times C_{12}^3 \times C_{12}^2$
- B $C_{12}^4 + C_8^3 + C_5^3 + C_2^2$
- C $C_{12}^4 \times 2 \times C_8^3 \times C_5^2$
- D $C_{12}^4 + 2 \times C_{12}^3 + C_{12}^2$
- E $C_{12}^4 \times C_8^3 \times C_5^3 \times C_2^2$

Questão 172

O gráfico a seguir mostra a evolução mensal das vendas de certo produto de julho a novembro de 2011.



Sabe-se que o mês de julho foi o pior momento da empresa em 2011 e que o número de unidades vendidas desse produto em dezembro de 2011 foi igual à média aritmética do número de unidades vendidas nos meses de julho a novembro do mesmo ano.

O gerente de vendas disse, em uma reunião da diretoria, que, se essa redução no número de unidades vendidas de novembro para dezembro de 2011 se mantivesse constante nos meses subsequentes, as vendas só voltariam a ficar piores que julho de 2011 apenas no final de 2012.

O diretor financeiro rebateu imediatamente esse argumento mostrando que, mantida a tendência, isso aconteceria já em

- A janeiro.
- B fevereiro.
- C março.
- D abril.
- E maio.



enem2019

Questão 173

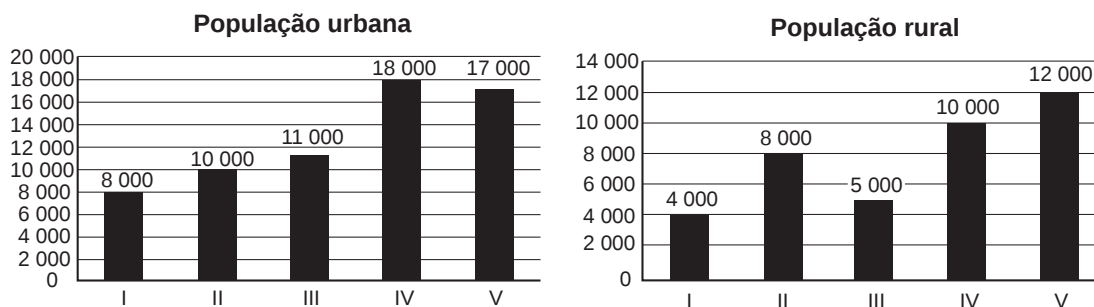
Em um determinado ano, os computadores da receita federal de um país identificaram como inconsistentes 20% das declarações de imposto de renda que lhe foram encaminhadas. Uma declaração é classificada como inconsistente quando apresenta algum tipo de erro ou conflito nas informações prestadas. Essas declarações consideradas inconsistentes foram analisadas pelos auditores, que constataram que 25% delas eram fraudulentas. Constatou-se ainda que, dentre as declarações que não apresentaram inconsistências, 6,25% eram fraudulentas.

Qual é a probabilidade de, nesse ano, a declaração de um contribuinte ser considerada inconsistente, dado que ela era fraudulenta?

- A 0,0500
- B 0,1000
- C 0,1125
- D 0,3125
- E 0,5000

Questão 174

A taxa de urbanização de um município é dada pela razão entre a população urbana e a população total do município (isto é, a soma das populações rural e urbana). Os gráficos apresentam, respectivamente, a população urbana e a população rural de cinco municípios (I, II, III, IV, V) de uma mesma região estadual. Em reunião entre o governo do estado e os prefeitos desses municípios, ficou acordado que o município com maior taxa de urbanização receberá um investimento extra em infraestrutura.



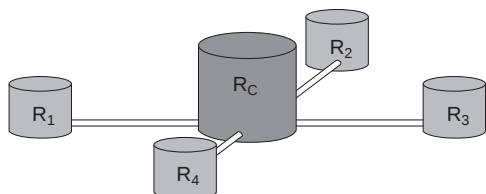
Segundo o acordo, qual município receberá o investimento extra?

- A I
- B II
- C III
- D IV
- E V



Questão 175

Uma construtora pretende conectar um reservatório central (R_C) em formato de um cilindro, com raio interno igual a 2 m e altura interna igual a 3,30 m, a quatro reservatórios cilíndricos auxiliares (R_1 , R_2 , R_3 e R_4), os quais possuem raios internos e alturas internas medindo 1,5 m.



As ligações entre o reservatório central e os auxiliares são feitas por canos cilíndricos com 0,10 m de diâmetro interno e 20 m de comprimento, conectados próximos às bases de cada reservatório. Na conexão de cada um desses canos com o reservatório central há registros que liberam ou interrompem o fluxo de água.

No momento em que o reservatório central está cheio e os auxiliares estão vazios, abrem-se os quatro registros e, após algum tempo, as alturas das colunas de água nos reservatórios se igualam, assim que cessa o fluxo de água entre eles, pelo princípio dos vasos comunicantes.

A medida, em metro, das alturas das colunas de água nos reservatórios auxiliares, após cessar o fluxo de água entre eles, é

- A 1,44.
- B 1,16.
- C 1,10.
- D 1,00.
- E 0,95.

Questão 176

Para construir uma piscina, cuja área total da superfície interna é igual a 40 m², uma construtora apresentou o seguinte orçamento:

- R\$ 10 000,00 pela elaboração do projeto;
- R\$ 40 000,00 pelos custos fixos;
- R\$ 2 500,00 por metro quadrado para construção da área interna da piscina.

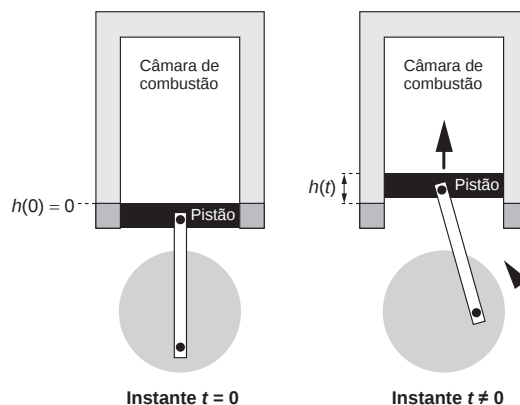
Após a apresentação do orçamento, essa empresa decidiu reduzir o valor de elaboração do projeto em 50%, mas recalculou o valor do metro quadrado para a construção da área interna da piscina, concluindo haver a necessidade de aumentá-lo em 25%. Além disso, a construtora pretende dar um desconto nos custos fixos, de maneira que o novo valor do orçamento seja reduzido em 10% em relação ao total inicial.

O percentual de desconto que a construtora deverá conceder nos custos fixos é de

- A 23,3%
- B 25,0%
- C 50,0%
- D 87,5%
- E 100,0%

Questão 177

Um grupo de engenheiros está projetando um motor cujo esquema de deslocamento vertical do pistão dentro da câmara de combustão está representado na figura.



A função $h(t) = 4 + 4\text{sen}\left(\frac{\beta t}{2} - \frac{\pi}{2}\right)$ definida para $t \geq 0$

descreve como varia a altura h , medida em centímetro, da parte superior do pistão dentro da câmara de combustão, em função do tempo t , medido em segundo. Nas figuras estão indicadas as alturas do pistão em dois instantes distintos.

O valor do parâmetro β , que é dado por um número inteiro positivo, está relacionado com a velocidade de deslocamento do pistão. Para que o motor tenha uma boa potência, é necessário e suficiente que, em menos de 4 segundos após o início do funcionamento (instante $t = 0$), a altura da base do pistão alcance por três vezes o valor de 6 cm. Para os cálculos, utilize 3 como aproximação para π .

O menor valor inteiro a ser atribuído ao parâmetro β , de forma que o motor a ser construído tenha boa potência, é

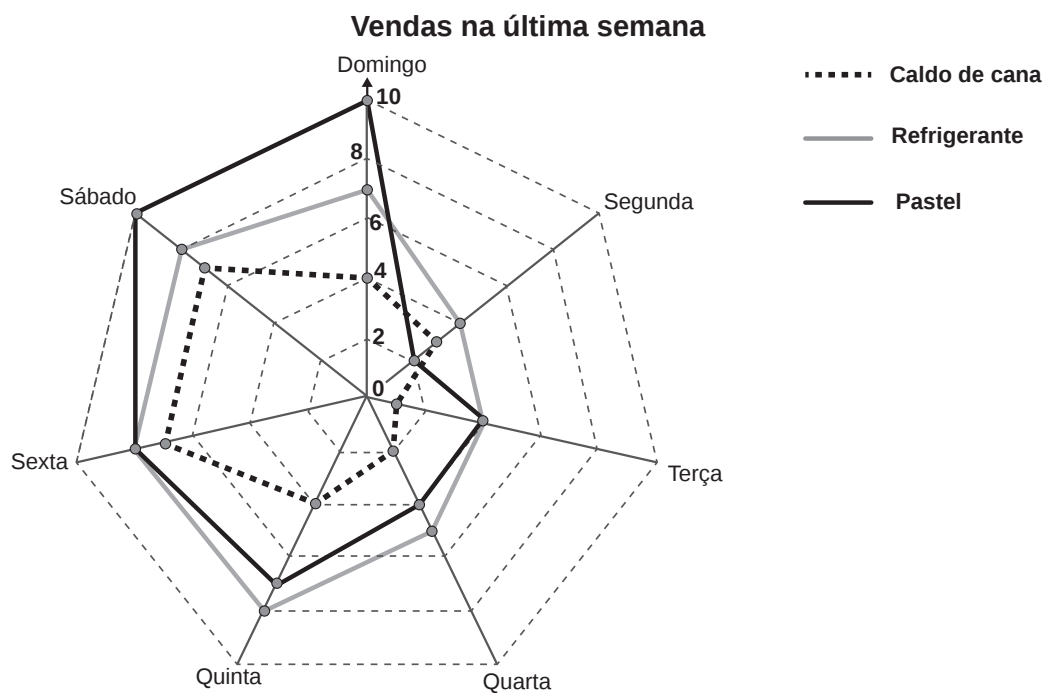
- A 1.
- B 2.
- C 4.
- D 5.
- E 8.



enem2019

Questão 178

Um comerciante, que vende somente pastel, refrigerante em lata e caldo de cana em copos, fez um levantamento das vendas realizadas durante a semana. O resultado desse levantamento está apresentado no gráfico.



Ele estima que venderá, em cada dia da próxima semana, uma quantidade de refrigerante em lata igual à soma das quantidades de refrigerante em lata e caldo de cana em copos vendidas no respectivo dia da última semana. Quanto aos pastéis, estima vender, a cada dia da próxima semana, uma quantidade igual à quantidade de refrigerante em lata que prevê vender em tal dia. Já para o número de caldo de cana em copos, estima que as vendas diárias serão iguais às da última semana.

Segundo essas estimativas, a quantidade a mais de pastéis que esse comerciante deve vender na próxima semana é

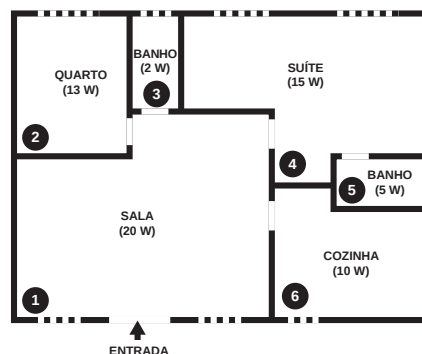
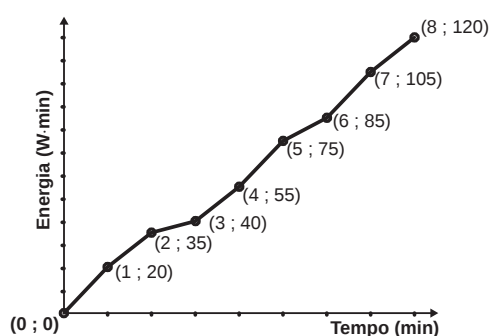
- A 20.
- B 27.
- C 44.
- D 55.
- E 71.



Questão 179

Nos seis cômodos de uma casa há sensores de presença posicionados de forma que a luz de cada cômodo acende assim que uma pessoa nele adentra, e apaga assim que a pessoa se retira desse cômodo. Suponha que o acendimento e o desligamento sejam instantâneos.

O morador dessa casa visitou alguns desses cômodos, ficando exatamente um minuto em cada um deles. O gráfico descreve o consumo acumulado de energia, em watt $\times$ minuto, em função do tempo t , em minuto, das lâmpadas de LED dessa casa, enquanto a figura apresenta a planta baixa da casa, na qual os cômodos estão numerados de 1 a 6, com as potências das respectivas lâmpadas indicadas.



A sequência de deslocamentos pelos cômodos, conforme o consumo de energia apresentado no gráfico, é

- A 1 $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 5 $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 6 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 4
- B 1 $\rightarrow$ 2 $\rightarrow$ 3 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 4
- C 1 $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 5 $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 6 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 2 $\rightarrow$ 3
- D 1 $\rightarrow$ 2 $\rightarrow$ 3 $\rightarrow$ 5 $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 6 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 4
- E 1 $\rightarrow$ 4 $\rightarrow$ 2 $\rightarrow$ 3 $\rightarrow$ 5 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 6 $\rightarrow$ 1 $\rightarrow$ 4

Questão 180

Um casal planejou uma viagem e definiu como teto para o gasto diário um valor de até R\$ 1 000,00. Antes de decidir o destino da viagem, fizeram uma pesquisa sobre a taxa de câmbio vigente para as moedas de cinco países que desejavam visitar e também sobre as estimativas de gasto diário em cada um, com o objetivo de escolher o destino que apresentasse o menor custo diário em real.

O quadro mostra os resultados obtidos com a pesquisa realizada.

País de destino	Moeda local	Taxa de câmbio	Gasto diário
França	Euro (€)	R\$ 3,14	315,00 €
EUA	Dólar (US\$)	R\$ 2,78	US\$ 390,00
Austrália	Dólar australiano (A\$)	R\$ 2,14	A\$ 400,00
Canadá	Dólar canadense (C\$)	R\$ 2,10	C\$ 410,00
Reino Unido	Libra esterlina (£)	R\$ 4,24	£ 290,00

Nessas condições, qual será o destino escolhido para a viagem?

- A Austrália.
- B Canadá.
- C EUA.
- D França.
- E Reino Unido.

ANEXO C . GABARITO DA PROVA DE CN DO ENEM 2019 - CADERNO AZUL

enem2019

Exame Nacional do Ensino Médio

2º DIA - CADERNO 7

Azul

Gabarito 2019

**CIÊNCIAS DA NATUREZA
E SUAS TECNOLOGIAS**

QUESTÃO	GABARITO
91	A
92	A
93	E
94	C
95	A
96	C
97	D
98	E
99	A
100	D
101	C
102	B
103	C
104	D
105	D
106	D
107	B
108	C
109	B
110	D
111	A
112	D
113	A
114	E
115	A
116	B
117	C
118	E
119	B
120	A
121	B
122	E
123	E
124	B
125	C
126	B
127	E
128	E
129	C
130	E
131	B
132	D
133	A
134	D
135	C

**MATEMÁTICA E SUAS
TECNOLOGIAS**

QUESTÃO	GABARITO
136	E
137	E
138	E
139	A
140	D
141	B
142	E
143	B
144	A
145	C
146	A
147	B
148	C
149	D
150	B
151	A
152	B
153	E
154	C
155	E
156	C
157	A
158	C
159	D
160	C
161	B
162	D
163	C
164	C
165	E
166	D
167	C
168	D
169	A
170	B
171	E
172	D
173	E
174	C
175	D
176	D
177	D
178	B
179	A
180	A