



HOLOS

ISSN: 1518-1634

holos@ifrn.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Rio Grande do Norte

Brasil

Pereira, J. E.; Uehara, F. M. G.; Núñez, I. B.  
ANÁLISE PEDAGÓGICA DAS PROVAS DISCURSIVAS DE MATEMÁTICA E QUÍMICA  
DO VESTIBULAR DA UFRN  
HOLOS, vol. 3, 2012, pp. 172-183  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Natal, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481549277014>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

## ANÁLISE PEDAGÓGICA DAS PROVAS DISCURSIVAS DE MATEMÁTICA E QUÍMICA DO VESTIBULAR DA UFRN

J. E. Pereira<sup>1</sup>, F. M. G. Uehara<sup>1</sup> e I. B. Núñez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Rio Grande do Norte, <sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Norte

everaldo.pereira@ifrn.edu.br<sup>1</sup>

Artigo submetido em março/2012 e aceito em junho/2012

### RESUMO

Esse trabalho é um recorte do livro “Aprendendo com o Vestibular da UFRN”, no qual investigamos os erros e dificuldades de aprendizagem nas questões objetivas e discursivas das provas de Química, Biologia, Física e Matemática do processo seletivo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Apresentamos, neste estudo, uma análise do desempenho dos candidatos nas questões discursivas de Matemática e Química em que estes obtiveram as menores notas, buscando conhecer quais os processos mentais e as habilidades que mobilizam os conceitos, as dificuldades e as concepções alternativas associadas às aprendizagens. A análise dos erros e dificuldades de aprendizagem dos candidatos pode ser uma via para a desmistificação de algumas das concepções do senso comum pedagógico de professores

de Ciências e de Matemática, que admitem como natural o fracasso na aprendizagem dessas disciplinas. Entendemos que as dificuldades devem ser objeto de uma reflexão crítica, para que, relacionadas com as dificuldades próprias da natureza das disciplinas, possam levantar hipóteses sobre as causas dos erros cometidos pelos estudantes. Quando tomadas como objeto de estudo, essas informações possibilitam aos estudantes aprenderem com os erros; e, aos professores, ensinarem orientados para reconhecer o erro como necessário durante o processo de aprendizagem. Esse tipo de análise é fundamental quando se pensa no caráter formativo do vestibular, não se percebendo este apenas como um processo de seleção dos candidatos que conseguem conquistar uma vaga na UFRN.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise de erros, dificuldade de aprendizagem, processo seletivo.

### PEDAGOGICAL ANALYSIS OF THE MATHEMATICS AND CHEMISTRY DISCURSIVE TESTS OF UFRN'S VESTIBULAR EXAM

### ABSTRACT

This essay is a delimitation of the book “Aprendendo com o Vestibular da UFRN” (it could be translated as Learning with UFRN's Vestibular Exam), in which it has been investigated the errors and the learning difficulties concerned to the multi-choice and discursive tests of Chemistry, Biology, Physics and Mathematics of Federal University of Rio Grande do Norte's selection process. The current study presents an analysis of the candidates performance in the discursive questions of Mathematics and Chemistry in which they have obtained the worst grades. It intends to comprehend what mental processes and abilities mobilize the concepts, the difficulties and the alternative conceptions associated to the learning's. The errors analysis and the candidates' learning difficulties may be a way to demystify some of the pedagogical common

sense conceptions of Sciences and Mathematics teachers, who admit as natural the failure during the learning of their school subjects. It is understood that the difficulties must be object of a critical reflection in order to make them able to hypothesize about the student's error causes, relating them to the own difficulties of the subjects' nature. When they are taken as a study object, those pieces of information provide to the students the possibility of learning with their errors; and to the teachers, the orientation of teaching guided to recognize the error as a necessary step during the learning process. The current analysis is fundamental when it is considered the formative dimension of Vestibular exam and it is not only reported as a selection process of candidates who achieve a vacancy at UFRN.

**KEY-WORDS:** Errors Analysis, learning difficulties, selection process

## ANÁLISE PEDAGÓGICA DAS PROVAS DISCURSIVAS DE MATEMÁTICA E QUÍMICA DO VESTIBULAR DA UFRN

### 1. INTRODUÇÃO

As provas e os resultados obtidos no Vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) são importantes ferramentas para analisar o grau de desenvolvimento das habilidades, das competências e do conhecimento que os estudantes demonstram ter quando participam desse processo.

A partir da percepção do vestibular como processo de avaliação, é possível observar consequências didáticas e pedagógicas, possibilitando análises detalhadas dos resultados, permitindo conhecer, nas respostas, quais as maiores dificuldades para resolver as questões. De modo semelhante, esse processo fornece informações valiosas aos professores para melhorarem o currículo e a atuação em sala de aula. A partir dessas informações, eles podem avaliar o sucesso de determinadas práticas didático-pedagógicas utilizadas para se atingir um dos objetivos da educação básica: a preparação dos estudantes para o acesso ao ensino superior.

As provas de vestibular são também uma forma de avaliação das capacidades gerais (habilidades e competências). Sob essa perspectiva, seu objeto de avaliação é a aprendizagem dos conteúdos de educação básica dos estudantes concluintes do ensino médio.

Os resultados das provas de Matemática e de Química, no conjunto das provas, constituem uma importante fonte de informações. A análise dessas provas pode possibilitar o conhecimento de erros e dificuldades de aprendizagem dos estudantes, contribuindo para que:

- a) os estudantes aprendam a partir dos erros cometidos;**
- b) os professores ajudem os estudantes a superar os problemas e as dificuldades de aprendizagem dos conteúdos das disciplinas do ensino médio;**
- c) os professores compreendam que precisam organizar as atividades de ensino considerando que a aprendizagem é um processo complexo, que depende de um conjunto de fatores a serem mobilizados.**

O livro “Aprendendo com o Vestibular da UFRN” tem como objetivo central discutir os resultados das provas de Matemática, Física, Química e Biologia do vestibular da UFRN de 2008, destacando os erros e as dificuldades de aprendizagem que podem ser inferidas das respostas consideradas “erradas” nas provas objetivas e na prova discursiva. Esse tipo de análise é fundamental quando se pensa no caráter formativo do vestibular não apenas como um processo seletivo dos candidatos que conseguem ingressar na UFRN.

De acordo com Jonhstone (1984), é possível – pelo menos, parcialmente – explicar as dificuldades de aprendizagem da Matemática e da Química a partir das relações entre as capacidades e competências dos estudantes e a demanda da pergunta.

O erro na aprendizagem tem sido objeto de estudo das ciências cognitivas, como a psicologia cognitiva, e de disciplinas como a *inteligência artificial*, a neurociência, a linguística, a filosofia e a antropologia.

Consideramos como erro uma resposta dada por um estudante a uma questão—quando essa resposta não coincide com a que é definida como correta pelos elaboradores especialistas na disciplina, ou seja, quando a resposta dada não é válida no contexto científico. Assim, o erro é a manifestação externa da dificuldade de aprendizagem. Ele é sempre relativo: é erro em relação a uma referência considerada correta pela área de conhecimento. O erro não acontece por “azar”, por acaso; ele é resultado de uma dificuldade.

Na perspectiva da teoria histórico-cultural, de L. S. Vigotsky, os erros são parte do processo de apropriação do conteúdo escolar e são uma expressão da relação entre aquilo que se sabe e aquilo que se procura saber ou que está definido como referência numa disciplina.

O presente artigo está estruturado com uma introdução e mais três capítulos. No segundo capítulo apresentamos as categorias de análise pedagógica utilizadas: Índice de Acerto (IA) ou Índice de Dificuldade (ID), Grau de Dificuldade (GD) e Índice de Discriminação (IDS). O terceiro capítulo apresenta a análise realizada das questões discursivas de número quatro de Matemática e Química do vestibular da UFRN de 2008. Neste capítulo apresentamos também os principais erros que identificamos nas respostas dos candidatos. O último capítulo traz as considerações finais e conclusões sobre os aspectos identificados durante a análise.

## 2. CATEGORIAS DA ANÁLISE PEDAGÓGICA DAS PROVAS

Para a análise pedagógica das provas, foram utilizadas três categorias: Índice de Acerto (IA) ou Índice de Dificuldade (ID), Grau de Dificuldade (GD) e Índice de Discriminação (IDS).

### 2.1 Índice de Acerto/ Índice de Dificuldade

Trata-se da percentagem dos estudantes que responde corretamente a cada pergunta. Quanto maior o índice de acerto, mais fácil é o item.

O índice de acerto é calculado da seguinte forma:

$$ID \text{ ou } IA = \frac{A}{N} \times 100$$

ID ou IA = Índice de Dificuldade ou de Acerto,  
 A = respostas corretas  
 N = número de estudantes que respondem à pergunta.

As teorias de análise de item consideram de dificuldade moderada (média) aqueles itens situados na faixa de 0,40 a 0,70 (numa escala de 0 a 1,00).

Assim, classificamos o índice de acerto de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1 – Classificação do Índice de Acerto – Processo Seletivo UFRN-2008**

Intervalo de resposta correta (%)	Índice de Acerto
> 90	Muito alto
> 70 ≤ 90	Alto
> 40 ≤ 70	Médio
> 10 ≥ 40	Baixo
≤ 10	Muito baixo

Fonte: UFRN – COMPERVE 2008

## 2.2 Grau de dificuldade da pergunta

A dificuldade de uma pergunta é medida com base no percentual de acertos a essa pergunta. O indicador varia entre 0 e 1. Assim, uma pergunta com dificuldade 0,2 é mais difícil que uma pergunta com dificuldade 0,8. No primeiro caso, só 20% dos candidatos acertaram a resposta, enquanto, no segundo, 80% acertaram.

A Tabela 2 mostra os níveis de dificuldade de uma pergunta, para as análises realizadas.

**Tabela 2 – Níveis de Dificuldade das perguntas – Processo Seletivo UFRN-2008**

Nível	Índice de Dificuldade
Muito fácil	0,75 – 1,00
Fácil	0,55 – 0,74
Intermediário	0,45 – 0,54
Difícil	0,25 – 0,44
Muito difícil	0,00 – 0,24

Fonte: UFRN – COMPERVE 2008

## 2.3 Índice de Discriminação

O índice de discriminação (ID) representa em que medida cada item ou cada pergunta distingue os que sabem mais dos que sabem menos. A discriminação de uma pergunta se mede pelo grau em que uma pergunta amplia as diferenças estimadas entre os estudantes que obtiveram uma pontuação relativamente alta na prova e os que obtiveram uma pontuação relativamente baixa. Esse índice não é calculado com todos os sujeitos que responderam à prova, mas com os 25% que obtiveram as pontuações mais altas (AS) e os 25% que obtiveram as pontuações mais baixas (AI).

O índice de discriminação é calculado pela expressão

$ID = \frac{AS - AI}{N}$	AS = número de estudantes do grupo superior;
	AI = número de estudantes do grupo inferior;
	N = número total de estudantes.

O índice de discriminação de uma pergunta varia entre -1 e 1. Os valores positivos indicam que a pergunta discrimina a favor do grupo superior, e os valores negativos indicam que a pergunta é discriminadora a favor do grupo inferior.

Na Tabela 3, estão os critérios de classificação do índice de discriminação de uma pergunta.

**Tabela 3 – Classificação da discriminação das perguntas – Processo Seletivo UFRN-2008**

Classificação	Índice de Discriminação
Muito alto	0,40 – 1,00
Alto	0,30 – 0,39
Moderado	0,20 – 0,29
Baixo	0,10 – 0,19
Muito baixo	0,00 – 0,90

Fonte: UFRN – COMPERVE

Uma limitação do Índice de discriminação é que o valor 1 só é alcançado quando todos os estudantes do grupo superior acertam a resposta e todos os do grupo inferior se equivocam.

O vestibular da UFRN se estrutura em duas provas de perguntas objetivas (primeira etapa de seleção) e uma prova de perguntas discursivas (segunda etapa).

A prova de perguntas discursivas, foco deste trabalho, procura avaliar as capacidades de leitura e de solução de problemas, que exigem a produção da resposta e sua expressão escrita, geralmente associada à justificação, explicação, análises, dentre outras habilidades de comunicação.

Para este trabalho, optamos por apresentar a análise de uma pergunta discursiva de Matemática e uma pergunta discursiva de Química, escolhidas entre as questões em que os candidatos obtiveram as menores notas médias.

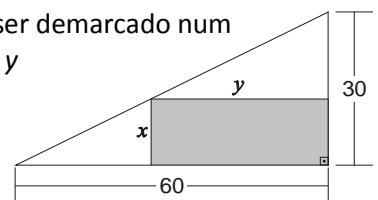
### 3. ANÁLISE DAS QUESTÕES DISCURSIVAS

Nas duas disciplinas, foram escolhidas para análise a questão discursiva de número quatro.

#### 3.1 Matemática - Questão 4

A questão 4, selecionada para análise, encontra-se transcrita a seguir:

Um lote retangular, doado a uma instituição filantrópica, deverá ser demarcado num terreno em formato de triângulo retângulo. Na figura ao lado,  $x$  e  $y$  representam as dimensões desse lote.



- Sabendo que a área,  $S$ , do lote é dada pela expressão  $S = 60x - 2x^2$ , determine o valor de  $x$  para que o lote doado tenha a maior área possível.
- Usando os dados da figura e a fórmula para o cálculo da área de um retângulo, mostre como obter a expressão  $S = 60x - 2x^2$ .

##### 3.1.1 Habilidades exigidas

Para responder à questão o candidato necessitaria:

- Calcular o ponto de máximo de uma função quadrática, numa aplicação do cotidiano.
- Aplicar as relações de semelhança de triângulos para obter a expressão com que se calcula a área de um retângulo, dadas as dimensões deste.

##### 3.1.2 Conteúdos envolvidos na questão

A questão proposta envolve duas áreas e três temas do conhecimento de Matemática, conforme descrito a seguir.

Áreas	Temas
Funções	Funções quadráticas
Geometria Plana	Semelhança de triângulos Área de quadriláteros

##### 3.1.3 Desempenho dos candidatos

O desempenho dos candidatos na questão 4 da prova discursiva de Matemática pode ser observado na Tabela 4.

**Tabela 4 – Desempenho dos candidatos da prova discursiva de Matemática – Questão 4**

Notas	Candidatos (%)
0,00	69,10
0,01 – 0,25	16,30
0,26 – 0,50	7,90
0,51 – 0,75	2,80
0,76 – 1,00	3,80
NOTA MÉDIA: GRUPO SUPERIOR	0,32
NOTA MÉDIA: GRUPO INFERIOR	0,00
ÍNDICE DE DISCRIMINAÇÃO	0,32
<b>NOTA MÉDIA</b>	<b>0,10</b>

Fonte: UFRN – COMPERVE

### 3.1.4 Expectativa de resposta

A resposta à questão 4, apresenta dois itens. Para o item a, foram propostas três formas para responder e para o item b duas formas, conforme mostra a expectativa de resposta da Questão Discursiva 4 do vestibular 2008, divulgada pela UFRN, apresentada no Quadro 1:

- a) Como  $S$  é uma função quadrática, cujo gráfico é uma parábola, sabemos que seu valor máximo ocorre no vértice da parábola.

Como o valor de  $x$  no vértice é  $-\frac{B}{2A} = -\frac{60}{2x(-2)} = -\frac{60}{-4} = 15$ , segue que esse é o valor solicitado.

Outra solução seria aquela em que o candidato esboça o gráfico da parábola e determina o vértice usando a simetria da figura.

Outra solução possível é usando derivada.

- b) Sabemos que a área  $S$  do retângulo (região)  $S = xy$ .

Da figura, usando-se semelhança de triângulos, temos que  $\frac{y}{60} = \frac{30-x}{30}$  (ou outra relação decorrente da semelhança), ou seja,  $3y = 180 - 6x$ , ou ainda,  $y = 60 - 2x$ .

Portanto,  $S = xy = x(60 - 2x) = 60x - 2x^2$ .

Outra solução esperada é somar as áreas dos triângulos menores com a área do retângulo e igualar a área do triângulo maior.

**Quadro 1 – Expectativa de resposta da questão discursiva 4 de Matemática**

Fonte: UFRN – COMPERVE 2008

### 3.2 Comentário

O enunciado dessa questão é claro, e seu teor é pertinente para candidatos com o grau de escolaridade da educação básica, uma vez que explora conteúdos trabalhados desde o ensino fundamental e conteúdos específicos do ensino médio. Mesmo com essas características, a questão foi considerada difícil pelos candidatos, de acordo com a Tabela 2 apresentada anteriormente, visto que a nota de 69,1% deles foi zero.

O percentual de candidatos que obtiveram notas acima de 0,51 foi muito pequeno – somente 6,6% –, o que ocasionou a menor nota média entre as questões discursivas da prova de Matemática de 2008, com índice de apenas 10%.

### 3.2.1 Erros e dificuldades mais frequentes

A partir da análise dos principais erros cometidos pelos candidatos nessa questão, percebe-se que muitos deles induziram um valor para o item A baseados somente na visualização da figura dada.

Determinados candidatos utilizaram fórmulas que não se aplicavam ao problema, como o *teorema de Pitágoras*, para tentarem encontrar a solução pedida. Isso pode ter ocorrido por eles terem se baseado na figura, um triângulo retângulo, sendo erroneamente induzidos a encontrar a hipotenusa.

Alguns candidatos calcularam as raízes da função apresentada no item A, o que demonstra que eles não tinham claro o significado das raízes ou zeros de uma função quadrática. Deixaram, portanto, de associar o valor máximo (“maior área possível”) com o vértice da função quadrática.

No item B, um dos erros mais comuns foi a utilização do resultado a ser demonstrado, a expressão  $S = 60x - 2x^2$ , como ponto de partida para a solução da questão. Isso leva a pensar se os candidatos, quando alunos do ensino médio, exercitavam demonstrações matemáticas ou recebiam todas as informações prontas.

A seguir, na Figura 1, apresentamos um exemplo de resposta que obteve uma nota média para a questão.

*Espaco para a resposta*

A) Para encontrar o valor (x) de x que determine a maior área utiliza-se o x do vértice dado por:  
 $x_v = x$  do vértice  $x_v = \frac{-b}{2a}$   
 $x_v = \frac{-60}{2 \cdot (-2)}$   
 $x_v = 15$

B) Admitindo o valor de x (x) igual a 15 pode-se fazer as seguintes relações:  
 $60 = 4x$ ,  $30 = 2x$   
 calculando o valor de y pela fórmula do área determinamos:  
 $S = 60 \cdot 15 - 2(15)^2$   
 $S = 60 \cdot 15 - 2 \cdot 225$   
 $S = 60 \cdot 15 - 450$   
 logo teremos:  $\frac{S = 60 \cdot 15 - 450}{S = 2(15 - 2x) \cdot (30 - x)}$   
 $S = -2x^2 + 60x$

*Fim do espaço*

**Figura 1 - Resposta a que foi atribuída nota média – Questão Discursiva 4 de Matemática**

O cálculo do item A foi feito de maneira correta. O candidato, inicialmente, associou o valor máximo com o vértice da parábola de uma função quadrática, determinando, de modo satisfatório, o valor que torna a área a maior possível.

Para fazer a demonstração solicitada no item B, o candidato utilizou como dado o valor de x obtido no item A, no entanto, era solicitado que se usassem apenas os dados da figura e a fórmula da área de um retângulo.

Quando o candidato fez suas considerações e substituiu, na expressão  $S = b \cdot h$ ,  $b$  por  $4x - 2x$  e  $h$  por  $30 - x$ , ele estava determinando  $b$  como sendo o cateto do triângulo menor localizado na base do terreno triangular e  $h$  como a altura do outro triângulo menor. O produto  $b \cdot h$  coincide com o esperado, porém, esse não é o procedimento correto para se chegar à expressão da área.

### 3.3 Química - Questão 4

A questão analisada da prova discursiva de Química encontra-se transcrita a seguir.

Em águas residuais, a matéria orgânica que contém nitrogênio é biodegradada em compostos mais simples, nesta sequência:



Um dos principais poluentes da água é o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). A legislação proíbe que a quantidade de nitrogênio proveniente do  $\text{NO}_3^-$  exceda 10mg por litro.

a) Em uma amostra de água coletada em uma torneira doméstica, foi encontrada uma concentração de nitrato igual a 62mg de  $\text{NO}_3^-$  por litro. Determine se a amostra é apropriada para o consumo.

(Apresente os cálculos e, se necessário, use a relação de massa molar  $\text{NO}_3^-/\text{N} = 62/14 \approx 4,4$ ).

b) Uma das formas de remoção do  $\text{NO}_3^-$  é o uso de bactérias heterotróficas, que, sob condições especiais, transformam o  $\text{NO}_3^-$  em gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ).

Com base na geometria e na polaridade das moléculas de  $\text{NH}_3$  e  $\text{N}_2$ , explique por que, em condições ambientais, o  $\text{NH}_3$  se dissolve melhor em água que o  $\text{N}_2$ .

#### 3.3.1 Habilidades exigidas

Para responder à questão, o candidato deve:

- Calcular a quantidade de um elemento químico em uma massa de substância a partir da relação estequiométrica elemento-substância;
- Explicar as propriedades das substâncias com base nas respectivas estruturas.

#### 3.3.2 Conteúdos exigidos

Essa questão envolve o conhecimento de três temas distribuídos em três áreas da Química, como pode ser visto a seguir.

Áreas	Temas
Reação química	Concentração de soluções/ Dissolução
Relações qualitativas e quantitativas nos processos químicos	Compostos polares e apolares/ Geometria molecular
Estequiometria	Cálculos estequiométricos

#### 3.3.3 Desempenho dos candidatos

O desempenho dos candidatos na questão 4 da prova discursiva de Química pode ser observado na Tabela 5.

**Tabela 5 – Desempenho dos candidatos na prova discursiva de Química – Questão 4**

Notas	Candidatos (%)
0,00	45,00
0,01 – 0,25	19,20
0,26 – 0,50	17,20
0,51 – 0,75	8,00
0,76 – 1,00	10,60
NOTA MÉDIA: GRUPO SUPERIOR	0,64
NOTA MÉDIA: GRUPO INFERIOR	0,01
ÍNDICE DE DISCRIMINAÇÃO	0,63
<b>NOTA MÉDIA</b>	<b>0,24</b>

Fonte: UFRN – COMPERVE 2008

### 3.3.4 Expectativa de resposta

A resposta ao item **a** dessa questão poderia ser obtida utilizando-se três possibilidades, conforme mostra a expectativa de resposta, divulgada pela UFRN e apresentada no Quadro 2:

#### a) **Possibilidade 1**

- Usando-se o valor da concentração de nitrato dado na questão: 1 mol de  $\text{NO}_3^-$  \_\_\_\_ 1 mol de N

Em 1L da amostra, há 0,062g de  $\text{NO}_3^-$ :

62g de  $\text{NO}_3^-$  \_\_\_\_ 14g de N

0,062g de  $\text{NO}_3^-$  \_\_\_\_ X g de N

X = (0,062 x 14)/62 = 0,014g de N por litro ou 14mg de N por litro.

A amostra possui concentração de N acima da permitida pela legislação, já que 0,014g/L > 0,010g/L, não sendo, portanto, apropriada para o consumo.

#### **Possibilidade 2**

- Usando-se o valor da concentração de nitrogênio dada pela legislação:

1 mol de  $\text{NO}_3^-$  \_\_\_\_ 1 mol de N

Segundo a legislação, é permitido haver em 1L de uma amostra, no máximo, 0,010g de N:

62g de  $\text{NO}_3^-$  \_\_\_\_ 14g de N

X \_\_\_\_ 0,010 g de N

X = (62 x 0,010)/14 = 0,62/14 = 0,044g de  $\text{NO}_3^-$  por litro ou 44mg por litro.

A amostra possui concentração de  $\text{NO}_3^-$  acima da permitida pela legislação, já que 0,062g/L > 0,044g/L, não sendo, portanto, apropriada para o consumo.

#### **Possibilidade 3**

- Usando-se diretamente a relação dada na questão:

$$\text{Relação: } \frac{\text{NO}_3^-}{N} = \frac{62}{14} = 4,4$$

Em 1L da amostra, há 0,062g de  $\text{NO}_3^-$ :

$$\frac{62\text{mg ou } 0,062\text{g}}{\text{N}} = 4,4 \Rightarrow \text{N} = 14\text{mg de N por litro ou } 0,014\text{g de N por litro.}$$

A amostra possui concentração de N acima da permitida pela legislação, já que  $0,014\text{g/L} > 0,010\text{g/L}$ , não sendo, portanto, apropriada para o consumo.

OBS.: *Foram consideradas as respostas que usaram análise dimensional ou fórmula percentual, desde que tenha sido utilizada a relação estequiométrica correta.*

b)  $\text{NH}_3$  possui geometria piramidal (pirâmide trigonal) e  $\mu \neq 0$  (momento de dipolo diferente de zero), sendo, portanto, um composto polar. O  $\text{N}_2$  possui geometria linear e  $\mu = 0$  (momento de dipolo igual a zero), sendo um composto apolar. Logo, o  $\text{NH}_3$  será mais solúvel na água do que o  $\text{N}_2$ , visto que a água é polar e que, segundo a regra, semelhante dissolve semelhante.

#### Quadro 2 – Expectativa de resposta da questão discursiva 4 de Química

#### 3.4 Comentário

A nota média da questão foi 0,24, e 45,0% dos candidatos obtiveram nota igual a 0,00. Assim, o desempenho dos candidatos foi muito baixo, e a questão se configura como de alta dificuldade. Somente 18,6% dos candidatos atingiram nota entre 0,51 e 1,00.

Para responder à questão, os candidatos precisavam ter o domínio das relações entre átomos numa fórmula química (leis volumétricas). No entanto, os livros didáticos orientam mais os estudantes para a solução de problemas que envolvam relações estequiométricas em uma reação química.

A questão exige uma análise de combinações dos átomos numa espécie química  $\text{N}/\text{NO}_3^-$  ou  $\text{NO}_3^-/\text{N}$ . Reconhecendo que essa relação é constante, e que um dado necessário para o cálculo do nitrogênio nessa massa da espécie química é conhecido (62 mg de  $\text{NO}_3^-$ ), os candidatos têm dificuldade para analisar e compreender se a questão se refere ao ânion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) ou ao átomo de nitrogênio (N) e suas relações. Tal fato implica erro no processo de resolução da questão, uma vez que a relação quantitativa exige uma análise qualitativa das espécies químicas representadas na fórmula química.

Na questão, solicita-se que se explique a solubilidade, em água, de duas substâncias moleculares de polaridades diferentes: a amônia ( $\text{NH}_3$ ) e o gás nitrogênio ( $\text{N}_2$ ). Esse conteúdo sintetiza as relações entre composição-estrutura e propriedades das substâncias, objetivo fundamental da Química no ensino médio. Acerca de tal conteúdo, podem ocorrer os seguintes tipos de dificuldades:

- estabelecimento de diversas relações entre conteúdos e raciocínios múltiplos;
- dificuldade decorrente do estudo fragmentado da estrutura atômica e das ligações químicas.

##### 3.4.1 Erros e dificuldades mais frequentes

Os candidatos confundem *fenômenos físicos* e *fenômenos químicos*. Isso leva a erros do tipo deste: “[...] a substância se dissolve pois acontece uma reação química”. Autores como Torre;

Jimenez (1996) destacam a dificuldade dos estudantes para diferenciar fenômenos químicos de fenômenos físicos.

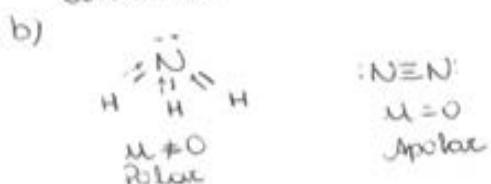
Outra dificuldade de aprendizagem está relacionada com a precisão conceitual, o que se observa ao não diferenciarem *substância pura* de *mistura*. Segundo estudos de Garret (1995), em geral os estudantes não conseguem diferenciar corretamente as substâncias puras das misturas, devido à própria natureza abstrata da substância pura. Essa dificuldade, segundo Caamaño (2007), pode decorrer do fato de cada um desses dois termos ter significado diferente do que tem na vida cotidiana. O termo “substância” é utilizado no cotidiano sem se diferenciar a substância pura da mistura e/ou da solução. Já o adjetivo “pura” é usado no cotidiano associado a produtos de procedência natural, enquanto na Química significa “única” (uma única substância).

Na solução de problemas quantitativos que exigem o estabelecimento de relações estequiométricas, os candidatos usam falsas leis de conservação de mols, estabelecem relações diretas entre as massas das espécies – sem considerar os coeficientes e as atomicidades – e não compreendem o significado das leis das proporções definidas. Para Pozo e Gomez-Crespo (1997), essas dificuldades estão associadas e não existe uma diferenciação entre os níveis de análise macroscópico e microscópico.

A seguir, na figura 2, apresentamos um exemplo de resposta que obteve uma nota média para a questão.

a)  $1\text{ g} = 1000\text{ mg}$        $\frac{\text{NO}_3^-}{\text{N}} = \frac{62\text{ mg NO}_3^-}{14\text{ 000 mg N}} = 0,0044\text{ mg N por Júlio.}$   
 $14\text{ g} = x\text{ mg}$   
 $x = 14000\text{ mg de N}$

Sendo a concentração de nitrogênio igual a 0,0044 mg por Júlio, a amostra de água é bem apropriada para consumo.



A molécula de  $\text{NH}_3$  possui um momento dipolo diferente de zero, caracterizando-a como (apolar) polar. Já a molécula de  $\text{N}_2$  possui um momento dipolo igual a zero, caracterizando-a como polar. Como “semelhante dissimile semelhante” e tendo a água uma molécula polar então o  $\text{NH}_3$  que também é polar será melhor dissolvido.

**Figura 2 - Resposta a que foi atribuída nota média – Questão Discursiva 4 de Química**

O candidato não respondeu corretamente ao item A, revelando dificuldade para calcular a quantidade de nitrogênio na amostra de nitrato. Segundo Torre e Jimenez (1996), não trabalhar com relações estequiométricas pode indicar falta de compreensão da conservação de massa na reação química. Outra dificuldade de aprendizagem que se observa na resposta se deve a uma compreensão alternativa sobre a linguagem química. Trata-se da falta de compreensão de que o coeficiente estequiométrico expressa uma relação numérica entre as moléculas das espécies que reagem ou dos átomos que se combinam para formar uma substância, cuja relação é constante (Lei de Prost).

#### 4 CONCLUSÕES

Ao tratarmos dos erros e dificuldades de aprendizagem, procuramos identificar núcleos temáticos que não são compreendidos facilmente, o que é ratificado pelo fato de os estudantes não responderem corretamente a questões que fazem referência a eles.

Tais dificuldades devem ser objeto de uma reflexão crítica, para, após serem relacionadas com as dificuldades próprias da natureza das disciplinas, poderem ser levantadas hipóteses sobre as causas dos erros cometidos pelos estudantes. Quando tomadas como objeto de estudo, essas informações possibilitam aos estudantes aprenderem com os erros e, aos professores, ensinarem orientados para reconhecer o erro como necessário durante o processo de aprendizagem.

As análises dos erros dos estudantes e as relações desses erros com as dificuldades de aprendizagem e as concepções alternativas se impõem como um desafio metodológico para a didática das Ciências Naturais bem como para a formação dos professores dessa área do conhecimento.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAAMAÑO, A. La enseñanza y el aprendizaje de la química. In: JIMÉNEZ Aleixandre, María Pilar et al. **Enseñar ciencias**. 2. ed. Barcelona: Editora Graó, 2007, p. 203-228.
2. GARRET, R. M. Resolver problemas en la enseñanza de las ciencias. **Alambique**, v. 5, p. 6-15. 1995.
3. JOHNSTONE, A. H., New Stars for the Teacher to Steer By. **Journal of Chemical Education**, v. 61, n. 10, p.847-849, 1984.
4. POZO, J. I.; GÓMEZ-CRESPO, M. A. ¿Qué es lo que hace difícil la comprensión de La ciencia? Algunas explicaciones y propuestas para la enseñanza. In: DEL CARMEN, L. (org.) **La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria**. Barcelona: ICE/Horsori, 1997, p.73-105.
5. TORRE, O. A.; JIMENEZ, S. J. M. Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física e química. I. Opiniones del alumno. **Enseñanza de las ciencias**, v. 14, n. 2, p. 165-170. 1996.