

Os itens de Química do ENEM 2014: erros e dificuldades de aprendizagem

Isauro Beltrán Núñez
Betânia Leite Ramalho

RESUMO

A temática apresentada neste artigo assenta-se nos erros e dificuldades de aprendizagem que podem estar associados aos itens de Química na Prova do ENEM 2014, respondidos pelos alunos que ingressaram na UFRN no ano de 2015. O estudo de natureza exploratória privilegia a metodologia de análises de erros (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012) para os distratores de maior frequência nas respostas dos alunos, obtidos dos microdados fornecidos pelo INEP. Os resultados evidenciaram um baixo desempenho dos alunos no que diz respeito a erros e dificuldades de aprendizagem relacionados com a estrutura, as propriedades e as aplicações das substâncias e dos materiais, da interpretação de reações de cálculo estequiométricos, entre outros.

Palavras-chave: Itens de Química. ENEM. Erros. Dificuldades de Aprendizagem.

The ENEM-2014 Chemistry Items: Learning errors and disabilities

ABSTRACT

The theme presented in this paper was based on the learning errors and difficulties that may be associated with the Chemistry items in the ENEM-2014 Test, answered by the students who entered the UFRN in 2015. The exploratory study has privileged the methodology of error analysis (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012) for the most frequent distractors in student responses, obtained from the microdata provided by INEP. Results evidenced a low performance of students concerning to the learning errors and difficulties related to the structure, properties and applications of substances and materials, the interpretation of stoichiometric calculation reactions, among others.

Keywords: Chemistry Items. ENEM. Learning Errors and difficulties.

INTRODUÇÃO

As pesquisas na Didática de Química, nos últimos 30 anos, têm mostrado que a Química que se ensina na Educação Básica não é fácil de ser compreendida pelos alunos (GILBERT et al., 2002; TABER, 2002; SILVA; NUÑEZ, 2007; SIRHAN, 2007; POZO; GOMEZ, 2009). A aprendizagem dos conteúdos desse componente curricular na

Isauro Beltrán Núñez é Doutor em Educação. Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Centro de Educação (CE). Departamento de Práticas Educacionais e Currículo (DPEC). Endereço para correspondência: Centro de Educação. Campus Universitário UFRN – Lagoa Nova, 59072-970. Natal/RN, Brasil. E-mail: isaurobeltran@yahoo.com.br

Betânia Leite Ramalho é Doutora em Educação. Professora Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Centro de Educação (CE). Departamento de Práticas Educacionais e Currículo (DPEC). Endereço para correspondência: Centro de Educação. Campus Universitário UFRN – Lagoa Nova, 59072-970. Natal, RN/Brasil. E-mail: ramalho.betania@terra.com.br

Recebido para publicação em 17 jul. 2017. Aceito, após revisão, em 5 out. 2017.

Acta Scientiae	Canoas	v.19	n.5	p.799-816	set./out. 2017
----------------	--------	------	-----	-----------	----------------

escola, em geral, é permeada por várias dificuldades. Para a maioria dos alunos, aprender Química significa desenvolver formas de pensar diferentes daquelas a que eles estão acostumados, formas para as quais não se encontram referência no cotidiano e que, por vezes, contradizem suas experiências pessoais e sua intuição. Tudo isso se manifesta em erros e dificuldades de aprendizagem dos conteúdos de Química.

No entendimento de Johnson (2000), a Química, para os alunos, é um tema difícil, e essa dificuldade pode ser tanto da aprendizagem humana como da natureza intrínseca da disciplina. Chiu (2005) considera que, apesar de a Química ser um mundo cheio de fenômenos interessantes, de atividades experimentais atrativas e de conhecimentos relevantes para a compreensão do mundo natural e artificial, é complexa para os alunos e constitui um desafio para os professores.

Estudar as dificuldades de aprendizagem e os erros dos alunos durante os estudos da Química é necessário para se pensar estratégias de ensino que contribuam com uma aprendizagem mais eficiente. Como essa deve ser uma preocupação dos professores de Química, o estudo dos erros na aprendizagem da Química tem se constituído um tema relevante para diferentes pesquisadores da didática dessa disciplina. Assim, tem-se produzido um número significativo de pesquisas nessa uma área.

No entendimento de Cury (2010), a análise de erros pode ser considerada uma metodologia de pesquisa, visto que é capaz de fornecer uma sistemática de investigação que permite questionar os erros dos alunos, coletar dados, analisar e buscar compreender as causas desses erros. Podem também proporcionar discussões sobre formas inovadoras de ensinar e de se aprender um determinado conteúdo. A análise dos erros pode ser uma ferramenta para ajudar o professor a organizar estratégias para uma melhor aprendizagem dos alunos, levando em conta os aspectos que os geram. Na opinião de Borasi (1996), o uso dos erros pode ser aproveitado para se atingir três objetivos: remediação, descoberta ou pesquisa. Neste estudo, o propósito é a pesquisa dos erros e dificuldades de aprendizagem que hipoteticamente podem ser associados aos distratores mais frequentes nas respostas dos itens de Química da prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) 2014, de alunos que ingressaram na UFRN no ano de 2015.

O ENEM é uma avaliação em larga escala criada em 1998, pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), com a finalidade de avaliar anualmente a aprendizagem dos alunos do ensino médio em todo o país e de fornecer informações relevantes para as políticas estruturais de melhoria da educação brasileira. Na atualidade, essa avaliação tem servido como uma das vias para selecionar alunos a ingressar em universidades brasileiras, em especial as públicas. O exame se estrutura em itens distribuídos igualmente em quatro áreas de conhecimentos: I – Linguagem, Códigos e suas Tecnologias (que inclui uma redação); II – Ciências da Natureza e suas Tecnologias; III – Ciências Humanas e suas Tecnologias; e IV – Matemática e suas Tecnologias. A avaliação, realizada durante dois dias, é composta de 45 itens de cada área, elaboradas com base em uma Matriz de Referência estruturada em competências e habilidades, além de uma prova de Redação (BRASIL, 2009).

O ENEM, como avaliação de aprendizagens de alunos que finalizam o ensino médio, é uma fonte significativa para obter dados referentes às aprendizagens e às não aprendizagens dos alunos no que diz respeito aos diferentes componentes curriculares e às áreas de conhecimento. Essas provas constituem um instrumento potencialmente valioso para se estudarem os erros e dificuldades de aprendizagem de alunos que finalizaram seus estudos na educação básica, assim como para se refletir sobre a melhoria da aprendizagem do ensino e do currículo de Química na escola.

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) passou a adotar, a partir de 2013, o ENEM como a via prioritária para o acesso dos alunos à instituição. Frente a essa situação, como parte de sua política de democratização do acesso à instituição, essa universidade promove estudos e pesquisas sobre o ENEM, especificamente relacionados aos alunos das escolas públicas do ensino médio do estado.

O ENEM pode, nesse sentido, contribuir com a melhoria do ensino da Química na escola. Uma condição para a existência desse tipo de avaliação no ensino é a participação dos professores na interpretação dos resultados considerando a matriz teórica da avaliação. Isso implica como assinalam Gil e Vilches (2006), em apresentar resultados de uma forma absolutamente diferente de como se faz nos relatórios. Para os autores, o que realmente interessa é conhecer em que medida os alunos atingem os objetivos desejados, quais são as deficiências e os obstáculos, e usar essa orientação para a ação educativa com vista à melhoria das aprendizagens, do ensino e do currículo, sem esquecer a melhoria da própria avaliação. É importante, ainda na opinião dos autores, denunciar o uso desses tipos de avaliação para atribuir notas de excelência e fracasso a resultados que apenas diferem entre si.

Diversos estudos têm sido realizados para analisar os itens de Química nas provas do ENEM. Esses estudos têm-se centrado em diversos tópicos, tais como a contextualização (FERNANDES, 2011), as habilidades e as competências avaliadas (CINTRA et al., 2016), aspectos sociocientíficos nos itens (STADLER, 2015), a interdisciplinaridade (COSTA et al., 2006), os impactos do ENEM nas práticas de ensino de Química (MARCELINO; REGINA, 2012), a caracterização dos itens de Química das provas (BROIETTI et al., 2017). Não obstante, as análises dos erros ainda não têm se revelado como uma temática de peso abordada nessas pesquisas.

Este estudo se situa nesse campo de interesse e tem como objetivo geral identificar e caracterizar erros e dificuldades de aprendizagem que podem estar associados aos distratores mais frequentes selecionados por alunos de escolas públicas, nos itens de Química da prova do ENEM 2014 que ingressaram na UFRN. Essas informações podem ajudar os professores a ter uma postura didática proativa para compreender os erros que os alunos podem apresentar na aprendizagem da Química e, dessa forma, intervir a fim de dirimir as dificuldades de aprendizagem, contribuindo para melhorar o ensino de química do Ensino Médio, em especial, nas escolas públicas.

Desse objetivo geral, foram definidas as seguintes questões de estudo:

- a) Qual foi o desempenho dos alunos nos itens de Química da prova do ENEM 2014?
- b) Quais erros podem estar associados aos distratores mais presentes nos itens de Química da prova do ENEM 2014?
- c) Quais causas, tidas como dificuldades de aprendizagem, podem estar relacionadas aos erros mais presentes nos itens da prova de Química do ENEM 2014?

ERROS E DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM

Pesquisas sobre erros e dificuldades de aprendizagem dos alunos, na área do ensino das Ciências Naturais e da Química, têm sido amplamente realizadas sob diferentes perspectivas, tais como a epistemológica, a filosófica, a pedagógica, entre outras. Esses estudos estão vinculados a pesquisas sobre as ideias prévias, as concepções, as ideias espontâneas, os erros conceituais, as concepções alternativas dos alunos. Como assinalam Campanario e Otero (2000), em grande parte, essas pesquisas foram motivadas pelas recomendações de Ausubel sobre a importância dos conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para o ensino.

Segundo Torre (2007), o erro é um conceito que se inscreve na perspectiva cognitiva da educação, enfatizada por destacados Psicólogos e Pedagogos, como Dewey e Piaget, e o enfoque humanista, integrador, compreensivo é o que atrai cada vez mais adesões e filiações de outros paradigmas. No caso do enfoque compreensivo, o erro tem um potencial construtivo, didático e criativo, face ao habitual caráter punitivo.

Determinados estudos permitem compreender que os erros na aprendizagem se articulam com os obstáculos epistemológicos, conceito discutido por Bachelard (1996). Para o autor, os obstáculos epistemológicos são formas de pensar que estão sedimentadas e incrustadas como conhecimentos. São antigas estruturas conceituais e procedimentais que, no passado, tiveram um valor, mas que se contrapõem ao progresso do conhecimento científico e podem ser expressão da ideologia dominante numa época determinada. Bachelard define a distorção do real como um obstáculo epistemológico de aprendizagem. Em sua obra de 1938, “A formação do espírito científico”, esse autor faz referência a um conjunto de ideias importantes para se pensar sobre os erros. Para ele, “não existe verdade sem erro retificado”. Assim, a aprendizagem das ciências supõe uma ruptura do novo conhecimento com o do “senso comum”, que produz o erro.

O erro pode ser definido em termos do desvio da resposta do aluno em relação ao padrão estabelecido ou ao modelo de atividade (NÚÑEZ, 2009). Se considerarmos a aprendizagem como um tipo de atividade que tem como uma das finalidades fazer o aluno passar de um estado de desenvolvimento A para outro estado A+1, o erro é, nessa passagem, uma manifestação das dificuldades de aprendizagem e, assim sendo, uma

ferramenta importante no processo de aprendizagem. Não obstante, supõe-se que, no estado A+1, o aluno não cometa os erros manifestados no processo. Luckesi (1990) considera que a ideia do erro na escola só emerge no contexto de padrões conceituais considerados corretos e estabelecidos pela comunidade científica.

O erro pode ser considerado um resultado diferente, não necessariamente uma deficiência, uma vez que é produto de um processo do pensamento. Essa postura tem facilitado o surgimento de uma nova cultura do erro, a qual o admite como importante para o processo de aprendizagem. No contexto escolar, os alunos podem aprender com os erros quando assumem estratégias metacognitivas – aprender a aprender (CAMPANÁRIO, 2003; FLAVELL, 1976) –, ou seja, os alunos aprendem tomando consciência da estrutura da atividade objeto da aprendizagem, como explica Núñez (2009).

Nos modelos da aprendizagem construtivista, o erro é uma via para se construir representações coerentes com as teorias e os modelos das ciências. O erro não é visto como prejudicial, e sim como outra resposta que se afasta das referências científicas disciplinares. Dessa forma, ele é considerado como um processo de negociação de sentidos a fim de que a aprendizagem se aproxime dos significados do conhecimento científico como outro tipo de conhecimento. O erro se torna, assim, relativo. Essa postura é menos radical em relação às ideias de Bachelard (1996), pois, conforme explicam Giordan e De Vecchi (1996), não só se aprende contra, mas também a partir do que se sabe (AUSUBEL, 1978), por intermédio do que se sabe (PIAGET, 1971), graças ao que se sabe (GAGNÉ, 1987).

Os erros conceituais têm sido nomeados de diferentes formas. Driver e Easley (1978) chamaram de “esquemas conceituais alternativos”; Champagne e Klopfer (1983), de “Schematá”; Caramazza et al. (1981), de “teorias ingênuas”; Osborne e Wittrock (1983), de “ciência das crianças”. Nos últimos anos, a teoria mais usada tem sido de “concepções alternativas”, na busca de evitar um sentido negativo, e considerando que as ideias prévias não são sempre erradas.

Segundo Campanario e Otero (2000), acredita-se que os erros conceituais dos alunos correspondem a preconceções ou ideias prévias, já internalizadas, prévias aos estudos no contexto escolar. Na visão de Socas (1997), o erro deve ser considerado a consequência de um esquema cognitivo inadequado do aluno, e não somente a consequência de uma distração ou da falta de um conhecimento específico ou a uma distração. Sendo assim, os erros são sintomas reveladores dos obstáculos com os quais o pensamento dos alunos se confronta.

Avaliamos que o erro pode estar relacionado a diferentes causas, mas, de forma geral, pode ser resultado de um esquema cognitivo inadequado do aluno, e não apenas uma consequência de uma falta de conhecimento. Os erros não aparecem por casualidade, mas decorrem de um marco conceitual consistente, ancorado em conhecimentos prévios, sendo o ensino também potencializador de erros devido a diferentes causas.

O termo “dificuldade de aprendizagem” é utilizado para designar uma situação na qual um aluno ou um grupo de alunos não têm sucesso na aprendizagem de uma

Meia, S. S. M. *The Balance Model of Learning Problems* (KIMBA, v.19, n.5, p.340-359, 2017).
Wittmann, J. *Edição/Síntese* (1997) *Teoria da Didática* (Kamp, v.9, n.3, p.340-359, 2002).
Validade e externalidade da dificuldade de aprendizagem, ou seja, as dificuldades do aluno podem ter origem interna ou externa. Dentre as de origem interna, incluem-se o estilo da aprendizagem, a capacidade do aluno para organizar e processar informações assim como sua competência linguística. Em relação às dificuldades de origem externa, são mencionadas: a natureza do objeto de estudo, a demanda das tarefas e o estilo de ensino, entre outras.

As dificuldades de aprendizagem se manifestam através das linguagens oral, escrita e gráfica, mas essencialmente existem implícitas nas atividades que o aluno realiza. Elas não são isoladas, e sim constituem estruturas, esquemas, marcos teóricos, teorias pessoais ou sistemas de ideias.

Jonhstone (1984) avalia que, é possível – pelo menos parcialmente – explicar as dificuldades de aprendizagem a partir das relações entre as capacidades, as competências dos alunos e a demanda da pergunta. Assim, um baixo desempenho de alunos na resposta a uma pergunta pode ser explicado também pela carência de estratégias para resolverem a tarefa, pelas deficiências no conhecimento conceitual e pela demanda cognitiva excessiva da pergunta para uma capacidade mental dada.

A dificuldade de aprendizagem é um termo genérico que abarca diversos problemas. Não obstante, neste trabalho, é entendida como aquilo que leva ao erro. Dessa forma, em princípio, podem ser estabelecidas relações causais entre o erro e a dificuldade de aprendizagem (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012). Os erros se manifestam nas respostas consideradas como erradas e são de natureza fenomenológica, enquanto a dificuldade de aprendizagem deve ser determinada como hipótese explicativa numa relação dialética de essência-fenômeno. Ainda que haja relações entre eles, não se pode estabelecer uma relação unívoca entre os erros e as dificuldades de aprendizagem, mas, quando se trata de uma dimensão quantitativa expressiva de sujeitos, o desempenho pode revelar informações importantes que correlacionam esses aspectos.

Caamaño (2003) compreende que as dificuldades na aprendizagem dos conceitos químicos se manifestam na existência de um grande número de concepções alternativas dos alunos que têm sido amplamente estudadas, divulgadas em publicações como as de Gómez (1996), Martin Diaz et al. (2000), Pozo e Gómez (2009), Gilbert et al. (2002), Caamaño (2003) e Cárdenas (2006). Outros resultados publicados, por sua vez, agregam novas sistematizações dos estudos sobre os erros conceituais e as dificuldades de aprendizagem de conceitos da Química (KIND, 2004; TABER, 2001).

Muitos desses estudos podem ser classificados em quatro grupos: a) aqueles que procuram identificar os conteúdos da química nos quais os alunos apresentam dificuldades; b) Os que procuram identificar as razões das dificuldades; c) aqueles que têm como finalidade desenvolver, aplicar e avaliar estratégia de ensino com o objeto de reduzir as dificuldades, d) Os estudos que procuram identificar sequências de aprendizagem para reduzir as dificuldades (JOHNSON, 2000). No entendimento de Caamaño (2003), os erros dos alunos na Química podem ser atribuídos: às dificuldades intrínsecas da própria

disciplina; ao pensamento e aos processos de raciocínio dos alunos; e ao processo de instrução. Na opinião de Bastos (2008), uma das principais causas das dificuldades de aprendizagem de Química está no fato de os alunos serem forçados a memorizar uma grande quantidade de conceitos que, muitas vezes, são aprendidos de maneira mecânica.

Pozo e Gómez (2009) argumentam que os erros na aprendizagem da Química são determinados pela forma como o aluno organiza seus conhecimentos a partir de suas próprias teorias implícitas sobre o conteúdo. A compreensão das teorias científicas pelos alunos implica superar as restrições que as teorias implícitas trazidas pelos alunos impõem. Avaliamos o erro como um conhecimento diferenciado das ideias prévias, uma vez que estas não necessariamente constituem erros conceituais, como tem demonstrado Campanario e Otero (2000).

Cabe salientar também que os erros dos alunos na aprendizagem da Química se relaciona com as dificuldades para transitar pelos níveis macroscópico, microscópico e simbólico, ou seja, relacionar o fenomenológico com a essência expressiva em modelos explicativos e com a linguagem usada na Química, conforme Johnstone (1984) havia assinalado.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A presente pesquisa respaldou-se na metodologia de análises de erros (NÚÑEZ; RAMALHO; 2012; CURY; 2010) e na análise de desempenho, segundo a teoria clássica de análise de itens (PASQUALI, 2003). Em correspondência com a natureza do objeto de estudo, foi adotada uma abordagem que combina as dimensões qualitativa e quantitativa para as análises dos dados. Os dados secundários, obtidos dos microdados do INEP, foram, por sua vez, reorganizados pelo Setor de Estatística do Núcleo Permanente de Concursos (COMPERVE) da UFRN, no sentido de selecionar os alunos que ingressaram na UFRN, no ano de 2015, pelo SISU, e que realizaram o ENEM no ano de 2014.

As provas do ENEM estruturam-se com base em uma Matriz de Referência de Competências e Habilidades, por áreas de conhecimento. No caso de Química, os itens formam parte da área das Ciências Naturais, junto com as disciplinas Física e Biologia. Embora um princípio dessa avaliação seja a interdisciplinaridade (BRASIL, 2009), podem ser identificados itens que são respondidos com os conteúdos de cada uma das disciplinas da área. Os itens possuem a mesma estrutura: texto-base, enunciados e cinco opções de respostas, sendo uma correta (gabarito) e 4 incorretas (distratores).

Os 15 itens de Química analisados neste trabalho foram selecionados dos 45 itens que compõem o Caderno Amarelo do ENEM 2014, tomando como referência a prova de Ciências Naturais do ENEM que se aplica no primeiro dia, em quatro versões diferentes (caderno azul, rosa, branco e amarelo, com os mesmos itens ordenados de forma diferente) e dizem respeito aos conteúdos específicos desse componente curricular do ensino médio. Cada item foi relacionado com a competência e a habilidade correspondentes que se

encontram na Matriz de Referência da área, segundo informado pelo INEP (BRASIL, 2009). Consideraram-se, então, os seguintes itens: I47, I49, I50, I55, I60, I61, I66, I68, I71, I72, I79, I80, I82, I85 e I86.

Para as análises quantitativas do desempenho dos alunos, foram organizados os percentuais e as quantidades para cada opção de resposta (o gabarito e os 4 distratores) de forma tal a corresponderem aos itens dos quatro cadernos do banco de dados na referência definida. O índice de acerto ou de desempenho foi o critério utilizado para definir os itens a serem analisados. Foram selecionados aqueles que apresentaram um índice de desempenho baixo e muito baixo, ou seja, aquelas cujo índice de acerto foi menor que 45%.

O Índice de desempenho ou de acerto expressa o percentual de candidatos que acertam o gabarito do item, o que é também uma medida do grau de dificuldade (PASQUALI, 2003). Para dimensionar essa categoria, foram utilizadas subcategorias estabelecidas a partir de níveis de desempenho dos candidatos, apresentados Tabela 1.

TABELA 1 – Índice de desempenho ou de acerto.

Índice de desempenho	% de acerto
Muito alto	75 – 100
Alto	55 – 74
Médio	45 – 54
Baixo	25 – 44
Muito Baixo	0 – 24

Fonte: Comperve/UFRN (2016).

Identificados os itens, foram selecionados, para as análises dos erros, os distratores que apresentaram as maiores frequências. As análises foram realizadas de maneira tal a associar cada distrator a um erro ou a vários erros e a criar hipóteses explicativas como dificuldades de aprendizagem.

Os erros são detectados quando o aluno escolhe uma opção de resposta considerada como um distrator (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012). Cada uma dessas opções ou distratores apresentam um ou mais erros conceituais, os quais podem estar relacionados, por sua vez, a determinadas dificuldades de aprendizagem. A caracterização do erro é realizada a partir de um diálogo crítico com referencial teórico, assumido como correto, uma vez que os erros sempre são relativos e os distratores podem estar associados a vários erros.

OS ERROS E AS DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM NOS ITENS DE QUÍMICA

Para melhor apresentação, os resultados e sua discussão foram organizados de modo a responder, na sequência, às questões de estudo, com a intenção de, por sua vez, atingir

o objetivo geral de identificar e caracterizar o desempenho, os erros e as dificuldades de aprendizagem dos alunos nesses itens.

Na Tabela 2, apresentam-se os percentuais de respostas corretas para cada uma dos itens de Química da prova do ENEM 2014 segundo a competência e a habilidade avaliadas. As análises de desempenho dos alunos em cada item, baseadas nas análises clássicas dos itens (PASQUALI, 2003), revelam o percentual de acerto (escolha do gabarito) e, por meio dos critérios definidos na Tabela 1, considerando as habilidades e competências avaliadas em cada item, informadas na Matriz de Referência do ENEM, (BRASIL, 2009), é possível afirmar que, no geral, o desempenho dos alunos nesses itens foi baixo. Apenas um item, o I86, apresentou um desempenho muito alto (75,6%), enquanto três deles (I66, I68 e I80) tiveram um desempenho alto (55,7%; 65,8% e 64,0%, respectivamente) e dois (I61, I79), um desempenho médio.

Do total dos 15 itens de Química, quatro podem ser considerados de baixo (I53, I71, I72 e I85) ou muito baixo desempenho (I47, I49, I50 e I60), conforme dados da Tabela 2. Neste, constata-se a existência de dificuldades no que diz respeito às habilidades H8 (identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos ou materiais), H10 (analisar perturbações ambientais identificando fontes, transporte e (ou) destino dos poluentes químicos ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais), H24, H25 e H27 (avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios), nas quais os alunos tiveram baixos desempenhos.

TABELA 2 – Desempenho de cada item de Química.

Nº do item	Competência	Habilidade	% total de acerto
47	C3	H8	32,2%
49	C7	H27	15,4%
50	C7	H25	28,3%
55	C7	H24	12,9%
60	C7	H24	30,0%
61	C7	H25	51,5%
66	C7	H26	55,7%
68	C5	H19	65,8%
71	C7	H24	25,5%
72	C7	H25	19,2%
79	C5	H17	51,5%
80	C5	H18	64,0%
82	C1	H4	43,7%
85	C3	H10	25,1%
86	C6	H23	75,6%

Fonte: Compeve/UFRN (2016).

Para identificar e caracterizar os erros que podem ser associados aos distratores, foram selecionados os itens com baixo e muito baixo desempenhos. Em cada item, foi selecionado o distrator de maior percentual de escolha pelos alunos. Os dados desses itens e seus respectivos distratores estão na Tabela 3, a seguir.

TABELA 3 – Itens de mais baixo desempenho e distratores selecionados.

Item	Opção de resposta (Distrator)	%	Quantidade de alunos que escolheram o distrator
47	B	23,6	1614
49	B	24,3	1657
50	E	24,7	1689
55	D	38,2	2607
60	E	19,5	1334
71	D	32,6	2226
72	C	35,8	2445
85	E	28,3	1934

Fonte: Comperve/UFRN (2016).

As análises dos erros e das dificuldades de aprendizagem que podem ser associadas aos distratores apresentados na Tabela 3 permitiram fazer inferências para cada item, evidenciadas nos próximos parágrafos.

No I47, avalia-se o conteúdo sobre a separação de mistura, especificamente, a eliminação do clorofórmio e de outras moléculas orgânicas numa água devidamente tratada. O tratamento adequado corresponde à filtração, com o uso de filtro de carvão ativo. Nesse item, o erro diz respeito a atribuir à fluoretação pela adição de fluoreto de sódio a função de separação de CHCl_3 e de outras moléculas orgânicas numa água poluída por essas substâncias. Esse erro pode estar associado à dificuldade de compreender as propriedades físicas e químicas dessas substâncias e a sua aplicação na separação dos componentes de misturas. Relacionar as propriedades das substâncias e dos materiais com a estrutura e, por sua vez, com as aplicações é uma das finalidades essenciais na aprendizagem da Química, apesar de os alunos apresentarem dificuldades de aprendizagem nesse tema, como explicam Núñez et al. (2008). Ser capaz de relacioná-las demanda uma compreensão das relações entre os níveis macroscópicos (as propriedades) e os modelos teóricos (modelos de estrutura) e das relações entre eles no contexto de sua aplicação.

Quanto ao I49, a situação problema exige a escolha de K_2CO_3 para ajustar o pH de um resíduo líquido que apresenta $c(\text{OH}^-)=1,0 \cdot 10^{-10}$ mol/L para valores de pH entre 5,0 e 9,0. O erro relacionado com o distrator, hipoteticamente, está em considerar que o Na_2SO_4 apresenta hidrólise básica, quando a solução aquosa desse sal tem caráter neutro por se tratar de um sal proveniente de base e ácido fortes. A situação apresentada demandava determinar a substância mais adequada para regular o pH de um resíduo líquido no qual a $C(\text{OH}^-) = 10^{-10}$ mol/L. Face a essa situação, era necessário calcular o pH do resíduo líquido, nesse caso o $\text{pH}=4,0$, ou seja, o caráter ácido. Consequentemente, a substância a ser usada deve apresentar um $\text{pH} > 7$, ou seja, caráter básico em solução aquosa. A análise de cada opção de resposta exigia o conhecimento das propriedades químicas e físicas

das substâncias propostas, tais como caráter ácido-base de compostos orgânicos (ácido etanoico e metanol), hidrólises de sais inorgânicos além do cálculo do pH. Os estudos de Silva e Núñez (2007) têm assinalado dificuldades dos alunos ao resolver situações sobre soluções aquosas.

No I50, deve-se calcular a massa de gesso obtida, em gramas, por meio do gás obtido nas reações:



Nos distratores, há vários erros de interpretação qualitativa e quantitativa para estabelecer relações estequiométricas de reações químicas e calcular uma quantidade de reagente no processo de obtenção de um produto, considerando um dado rendimento no processo. Essa dificuldade de aprendizagem dos alunos, a qual tem sido detectada por Furió, Azcona e Guisola (2002) e por Pozo e Gómez (2009), está evidenciada não só no distrator E como também nos distratores A, B e C.

Por sua vez, Mc Laughlen (2003) argumenta que a principal dificuldade dos alunos na resolução de problemas quantitativos em Química se dá quando existe um número de proporções diferentes e sucessivas na situação, o que exige resolver o problema, interpretar os fenômenos e processos de acordo com os modelos, traduzir e analisar as informações, efetuar cálculos matemáticos e, principalmente, utilizar estratégias de raciocínio proporcional, bem como realizar inferências quantitativas e qualitativas a partir e sobre os dados. Pozo e Gómez (2009) opinam que as dificuldades de aprendizagem nos cálculos químicos estão também relacionadas a dificuldades na compreensão dos conceitos e nas leis e teorias da Química, envolvidos nos cálculos, tais como o conceito de mol, a lei de conservação da massa, o sentido da constante de Avogadro, entre outros.

No I55, propõe-se, como situação-problema, identificar o grupo funcional de um composto orgânico, responsável pela diversidade como fármaco. A identificação deveria ser realizada com base no fato de o grupo funcional ser não planar. Atribuir à molécula orgânica com dupla ligação uma estrutura não planar pode ser considerado o erro. Dessa forma, fica evidente a dificuldade de relacionar a estrutura de moléculas orgânicas com sua estrutura planar ou não planar.

No I60, avalia-se o conhecimento das propriedades físicas e químicas de compostos orgânicos. No item, deve-se identificar uma substância de moléculas quirais, constituídas por cadeias carbônicas insaturadas, heterogêneas e ramificadas. Nas escolhas dos quatro distratores, os erros dizem respeito à identificação, ao atribuir: i) isomeria óptica a composto que não apresenta carbono assimétrico; ii) cadeias insaturadas a compostos com simples ligação entre átomos de carbono.

A identificação do composto, considerando suas propriedades ou estrutura, como nos itens I55 e I60, exige dos alunos o domínio de instrumentos próprios do pensamento formal, visto que a resposta não surge da observação e sim de um raciocínio com conceitos abstratos com suas representações, como têm chamado a atenção Caamaño e Oñorbe

(2004). Vários estudos têm mostrado dificuldades de aprendizagem nos estudos sobre a estrutura atômica (GEORGIADOU; TSAPARLIS, 2000), sobre a ligação química (DE POSADA, 1999); para estabelecer os tipos de ligações entre partículas (TORRES et al., 2010); e para explicar propriedades físicas das substâncias (NÚÑEZ; RAMALHO, 2015).

No que tange ao I71, também se avaliam conteúdos da Química Orgânica referentes à identificação de uma substância a partir de suas propriedades e de sua estrutura. Essa substância deve ter uma estrutura que explique a solubilidade em água como também em substâncias apolares, como as gorduras e os óleos, o que supõe se tratar de um sal derivado de ácido carboxílico de cadeia com 17 átomos de carbono. O erro, nesse caso, diz respeito a associar o ácido butanoico a uma estrutura com partes capazes de interagir com substâncias polares como a água, e partes que podem interagir com substâncias apolares. Resultados semelhantes, em relação aos erros e dificuldades de aprendizagem, foram observados por Núñez e Uehara (2008) nas análises pedagógicas de itens de Química do Vestibular da UFRN.

Em hipótese, as dificuldades de aprendizagem se relacionam com as discutidas no item 60. Os alunos, em ambas as situações, devem ter um conhecimento que possibilite relacionar a estrutura, as propriedades e as aplicações das substâncias, que é um conteúdo de elevada densidade teórica e procedimental. Núñez e Ramalho (2015) explicitam que explicar propriedades das substâncias e dos materiais supõe uma postura intradisciplinar e sistêmica para integrar conteúdos tais como estrutura atômica, tabela periódica, ligação química, estrutura das substâncias e propriedade física, relacionando os níveis macroscópicos, microscópico e a linguagem científica. Diferentemente da ação de reconhecimento, a identificação é uma habilidade cognitiva que exige o domínio da definição do conceito para se determinar, no objeto em questão, a presença ou não das características necessárias e suficientes para nomeá-lo quando se trata de uma nova situação (NÚÑEZ; RAMALHO, 2012).

No item I72, a situação-problema correspondente avalia conteúdos da eletroquímica. A solução exige a escolha do agente redutor adequado para a redução do bis (tiosulfato) argentato (I) de um efluente, com a finalidade de se evitarem efeitos nocivos ao meio ambiente. O erro, que, em princípio, pode ser associado à escolha do distrator C, diz respeito a atribuir ao Al^{3+} o caráter redutor, capaz de provocar a redução de uma espécie química de maior potencial de redução padrão (E°) que ele próprio. A escolha do agente redutor da situação-problema supõe o domínio de conceitos de termodinâmica, tais como espontaneidade de uma reação química, ao ter que calcular o valor do potencial total e relacioná-lo com o valor da energia livre de Gibbs. Nia (2002), Bueso; Furió e Mans (1988) têm pesquisado e apontado essas dificuldades. Para Caamaño (2003), a situação problema, ao usar como agente redutor um complexo, coloca os alunos face à necessidade de transferir um determinado conceito a outro contexto distinto do contexto em que foi aprendido, sendo isso uma dificuldade de aprendizagem.

No I85, os alunos deveriam interpretar um esquema no qual se representa a produção de oxigênio molecular a partir do ozônio, catalisada por átomos de cloro. Nessa situação,

não é correto falar apenas de um erro e sim de um conjunto deles, resultado da interpretação inadequada da reação química. Vários estudos mostram que os alunos têm dificuldades para relacionar simultaneamente os níveis representacionais quando explicam um processo químico. Galagovsky e Bekerman (2009) entendem que os alunos do ensino médio têm dificuldades para associar as fórmulas químicas com uma representação adequada do nível de partículas com o fenômeno, assim como dificuldade em relacionar o subíndice das fórmulas químicas com o número apropriado de átomos nas figuras que representa o processo químico. Por sua vez, Caamaño (2003) chama a atenção para o fato de a linguagem das ciências ser uma fonte de dificuldades para a aprendizagem das disciplinas científicas, como a Química. Johnstone (1984) opina que os erros podem também ser consequência da carência de estratégias para resolver os itens de forma correta, o que pode significar uma alta demanda cognitiva da situação.

A partir das análises anteriores, foi possível sistematizar os conteúdos nas quais se apresentaram as dificuldades de aprendizagem nos itens da prova, uma vez que constatamos a não explicitação desses conteúdos nas competências e habilidades da matriz de referência. As habilidades, por item, nas quais os alunos apresentaram mais dificuldades foram:

- a) Item 47 – relacionar propriedade, estrutura e aplicações em substâncias e materiais;
- b) Item 49 – realizar cálculo de pH a partir da $C(OH)$ para definir situações em que a substância experimenta hidrólises, bem como seu tipo, e decidir sobre neutralização de soluções de caráter ácido;
- c) Item 50 – calcular a massa de um produto numa reação química, considerando o potencial de rendimento, e interpretar processos químicos consecutivos;
- d) Item 55 – identificar moléculas de estrutura com grupo não planar;
- e) Item 60 – identificar moléculas orgânicas quirais de cadeia carbônica insaturada, heterogênea e ramificada;
- f) Item 71 – identificar sais de ácidos orgânicos pelas propriedades físicas;
- g) Item 72 – identificar o poder de um agente redutor segundo seu potencial de redução;
- h) Item 85 – interpretar qualitativamente o esquema de uma reação química.

De forma geral, os conteúdos nos quais se detecta um maior índice de dificuldade de aprendizagem (e que são também os mais avaliados na prova) dizem respeito a estruturas e propriedades das substâncias e dos materiais (I47; I55; I60; e I71). Em seguida, revelam-se dificuldades nos cálculos químicos (I49 e I50), na interpretação qualitativa de uma reação química (I85) e nas reações de oxirredução (I72), temáticas que abordam a compreensão de reações químicas.

Essa sistematização possibilita uma aproximação mais adequada à problemática em estudo, além de responder as questões da pesquisa, uma vez que se observa que elas

dizem respeito às estruturas e propriedades das substâncias e dos materiais, às reações químicas e à sua interpretação, tanto qualitativa quanto quantitativa.

CONCLUSÕES

O ENEM, como avaliação em grande escala que seleciona alunos para ingressar em instituições do ensino superior, deve cumprir, entre outras, a função de ser uma ferramenta de ajuda à melhoria dos processos de ensino e de aprendizagem nas escolas da educação básica. Dessa forma, não só é relevante conhecer os resultados dos desempenhos dos alunos, como também se fazerem análises dos resultados em termos de erros e dificuldades de aprendizagem dos alunos ao responderem aos itens desse tipo de prova, a fim de que se possa aprender pedagogicamente a partir da avaliação. Os resultados das análises dos itens de Química presentes na prova do ENEM 2014, dos alunos que realizaram essa prova e ingressaram na UFRN via SISU no ano de 2015, mostraram que, de forma geral, o desempenho foi baixo, o que possibilita identificar erros e dificuldades de aprendizagem que hipoteticamente podem ser associados aos distratores de maiores escolhas nos itens da prova.

O tema da estrutura das substâncias e dos materiais é um conteúdo essencial na Química, pois, a partir dele, é possível estabelecer relações entre suas propriedades, estrutura e aplicações, o que permite, em tese, explicar e prever aspectos dessas relações. De forma geral, o estudo mostra que erros e dificuldades na aprendizagem desse conteúdo são os que mais se evidenciam nas respostas dos alunos. Os resultados apontam para as dificuldades de aprendizagem em conteúdos de Química Orgânica, que têm sido, no geral, considerados muito difíceis pelos alunos (FURIÓ; CATALAYUD, 1996). No caso das reações químicas, os erros revelam dificuldades para interpretar qualitativa e quantitativamente as equações químicas.

Essas dificuldades se relacionam, também, à questão da linguagem da química, caracterizada pela abstração e pelo simbolismo (TORICELLI, 2016), e à interpretação e às transformações de registros de representações semióticas (NÚÑEZ et al., 2014). Nesse sentido, Caamaño e Oñorbe (2004) alertam para o fato de as dificuldades de aprendizagem dos alunos dependerem da existência de um grande número de concepções alternativas das quais eles dispõem, e as hipóteses explicativas produzidas nesta pesquisa permitem uma aproximação com as respostas das questões de estudo formuladas.

Os resultados da pesquisa podem constituir um referencial para professores de Química refletirem de forma crítica sobre os processos de ensino na escola. O estudo permite uma aproximação a um conhecimento profissional para o ensino de maneira a contribuir de forma proativa com as aprendizagens dos alunos, considerando, por sua vez, os diferentes fatores que influenciam nesses processos, os quais são marcados não somente pela dimensão cognoscitiva dos alunos.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. *Psicología Educativa*. Un punto de vista cognoscitivo. México: Trillas, 1978.
- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BASTOS, T. M. O ensino contextualizado de química e a busca de uma aprendizagem significativa. Centro Federal de Educação Tecnológica – Alagoas. XIV ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA (XIV ENEQ). UFPR – 21 a 24 de Julho de 2008. *Anais...* 2008.
- BORASI, R. *Reconceiving mathematics instruction: a focus on errors*. Norwrod, NI: Ablex Publishing Corporation, 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. *ENEM: Fundamentação Teórico- Metodológica*. Brasília: INEP, 2009.
- BROIETTI, F. C. et al. Caracterizando questões de Química em processos avaliativos de larga escala: uma análise comparativa. *RBPEC*, v.17, n.1, p.105-133, abr. 2017.
- BUESO, A; FURIÓ, C; MANS, C. Interpretación de las reacciones de oxidación reducción por los estudiantes. Primeros resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.3. p.244-250, 1988.
- CAAMAÑO, A. La enseñanza y el aprendizaje de la Química. In: ALEXANDRE, Maria Pilar Jemenez. *Enseñar Ciencias*. Barcelona: Editorial Gras, 2003.
- _____. OÑORBE, A. La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique. Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, n.41, p.68-81, 2004.
- CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamientos, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, v.18, n.2, 2000. Disponível em: <www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21652/21486>. Acesso em: 11 maio 2016.
- _____. De la necesidad virtud: cómo aprovechar los errores e imprecisiones de los libros de texto para enseñar Física. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.1, p.161-172, 2003.
- CARAMAZZA, A. et al. Naive beliefs in “sophisticated” subjects: misconceptions about trajectories of objects. *Cognition*, v.9, n.2, p.117-123, 1981.
- CÁRDENAS, F. A. Dificuldades de aprendizagem em Química: caracterização e busca de alternativas para superá-las. *Ciência & Educação*, São Paulo, v.12., n.3, p.333-346, 2006.
- CHAMPAGNE, A; KLOPFER, E. L. Naive Knowledge and Science Learning. *Research in science and technology education*, v.1, n.2, p.173-183, 1983.
- CHIU, M. H. A national survey of students’ conceptions in chemistry in Taiwan. *Chem. Educ. Int.*, v.6, p.1-8, 2005.
- COSTA, C. S. et al. Abordagem da Química no Novo ENEM: uma análise acerca da interdisciplinaridade. *Química Nova na Escola*, v.38, n.2, p.112-120, 2006.
- CINTRA, E. P. et al. Correlação entre a matriz de referência e os itens envolvendo conceitos de Química previstos no ENEM de 2009 a 2013. *Ciência & Educação*, v.22, n.3. p.707-725, 2016.

CURY, H. N. Análise de erros. In: X ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, CULTURA E DIVERSIDADE. Salvador, BA. 7 a 9 de julho de 2010. *Anais...* 2010.

DE POSADA, José María. Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, v.17, n.2, p.227-245, 1999.

DRIVER, R. EASLEY, J. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, v.10, p.37-70, 1978.

FERNÁNDES, C. S. *O Exame Nacional do Ensino Médio e a educação química: em busca de contextualizações*. Dissertação (Mestrado) – PPGED-UFSC, 2011.

FLAVELL, J. H. Metacognitive aspects of problem solving, in Resnick, L.B. (ed.). *The nature of intelligence*. Hillsdale, Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum, 1976.

FURIÓ, C. CALATAYUD, M. L. Difficulties with the geometry and polarity of molecules: Beyond misconceptions. *Journal of Chemical Education*, v.73, p.37-41, 1996.

FURIÓ, C. E; AZCONA, R; GUIASOLA, J. Revisión de investigaciones sobre la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancias y mol. *Enseñanza de las Ciencias*, v.20, p.229-242, 2002.

GAGNÉ, R. *Instructional Technology Foundations*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987.

GALAGOVSKY, L.; BEKERMAN D. La química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vigo*, v.8, n.3, p.952- 975, 2009. Disponível em: <www.reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART11_Vol8_N3.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2014.

GEORGIADOU, A. TSAPARLIS G. Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: a) psychological theories; b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education: research and practice in Europe*, v.1, n.2, p.217-226, 2000.

GIL, D. P; VILCHES, A. ¿Cómo puede contribuir el proyecto PISA a la mejoría de la enseñanza de las ciencias (y de otras áreas de conocimiento)? *Revista de Educación, extraordinario*, p.295-311, 2006.

GILBERT, J. K. et al. *Chemical education towards research practice*. Netherlands: Kluwer, 2002.

GIORDAN, A; DE VECGI, G. *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre: ArtMed, 1996.

GOMEZ, M. A. C. Ideas y dificultades en el aprendizaje de la Química. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n.7, p.37-44, 1996.

JOHNSON, P. Developing student's understanding of chemical change: What should we be teaching? *Chem. Educ. Res. Pract. Ens. I*. p.77-90, 2000.

JOHNSTONE, A. H. New Stars for the Teacher to Steer By. *Journal of Chemical Education*, v.61, n.10, p.847-849, 1984.

KEMPA, R. Students learning difficulties in science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, v.9, n.2, p.119-128, 1991.

- KIND, V. *Más allá de las apariencias*. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de Química: Ciudad de México: Aula XXI. 2004.
- LUCKESI, C. C. Prática escolar do erro como fonte de virtude. In: FDE (Org.). *Caderno Ideias*. São Paulo – FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação. 1990, p.133-140.
- MC LAUGHLIN, S. *Effect of modeling instruction on the development of proportional reasoning II*. Disponível em: <http://modeling.asu.edu/modeling/McLaughlinS_PropReas-II_03.pdf> Acesso em: 01 fev. 2016.
- MARCELINO, I, V; REGINA, M. C. Possíveis influências do ENEM nos currículos educacionais de Química. *Estudos em Avaliação Educacional*, v.23, n.53, p.148-177, set./dez. 2012.
- MARTÍN-DÍAZ et al. *La física y la química en secundaria*. Madrid: Narcea, 2000.
- NIA, M. Facilitating conceptual change in student's understanding of electrochemistry. *Int. J. Sci. Edu.* v.24, n.4, p.425-439, 2002.
- NÚÑEZ, I. B. *Vygotsky, Leontiev, Galperin*. Formação de conceitos e princípios didáticos. Brasília: Líber Livro, 2009.
- NÚÑEZ, I. B, et al. Análise das provas de Biologia nos vestibulares da UFRN: uma aproximação às dificuldades da aprendizagem. In: PEREIRA, M. G.; AMORIN, A. C. R. de (Orgs.). *Ensino de Biologia: fios e desafios na construção de saberes*. p.222-248. João Pessoa: Ed. Universitária/UFPB, 2008.
- NÚÑEZ, I. B. RAMALHO, B. L. *Estudo de erros e dificuldades de aprendizagem*. As provas de Química e de Biologia do Vestibular da UFRN. Natal: EDUFRN, 2012.
- _____. Conhecimento profissional para o ensinar a explicar processos e fenômenos nas aulas de Química. *Revista Educação em Questão*, v.52, n.2, p.243-268, maio/ago. 2015.
- _____. A Teoria de P. Ya. Galperin como fundamento para a formação de habilidades gerais nas aulas de química. *REDEQUIM*, v.1, n.1, p.5-19, out. 2015.
- NÚÑEZ, I. B. UEHARA, F. M. G. Análises pedagógicas das provas de Química do Vestibular 2008. In: NÚÑEZ, I. B; RAMALHO. B. L. (Orgs.). *Estudo de erros e dificuldades de aprendizagem*. As provas de Química e de Biologia. p.35-80. Natal: EDUFRN, 2012.
- NÚÑEZ, I. B, et al. E. As representações semióticas nas provas de Química no vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Brasil): uma aproximação à linguagem científica no ensino de ciências naturais. *Revista Iberoamericana de Educación*, p.1-13, 2014.
- OSBORNE, R. WITTRICK, M. Learning Science: a generative process. *Science Education*, n.67, p.490-508, 1983.
- PASQUALI, L. *Psicometria: Teoria dos Testes na Psicologia e na Educação*: Rio de Janeiro: Vozes, 2003.
- PIAGET, J. *Psicología y Epistemología*. Barcelona: Ariel, 1971.
- POZO, J. I.; GÓMEZ, M. A. *A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do Conhecimento Cotidiano ao Conhecimento Científico*. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- SILVA, M. G. L; NÚÑEZ, I. B. *Identificando concepções alternativas dos estudantes*. Instrumentalização para o ensino de Química II. Natal: EDUFRN. 2007.

SIRHAN, G. Learning difficulties in Chemistry: an overview. *Journal of Turkish Science Education*, v.4, n.2, p.2-20, Sep. 2007.

SOCAS, M. M. Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las matemáticas en la educación secundaria, In: RICO, L. et al. *La educación matemática en la enseñanza secundaria*. p.125-154. Barcelona: ICE/Horsori, 1997.

STADLER, J. P. *Análise de aspectos sociocientíficos em questões de Química do ENEM*: subsídio para a elaboração de material didático para a formação cidadã. Dissertação (Mestrado) – Curitiba, 2015.

SUAREZ, Y. Andrés. *Dificultades en el aprendizaje*: un modelo diagnóstico e intervención. Santillana: Aula XXI, 1995.

TABER, K. Building the structural concepts of chemistry: Some considerations from educational research. *Journal Education Research and Practice in Europe*. v.2. n.2. p.123-158, 2001.

_____. *Chemical Misconceptions*: Prevention, diagnosis and cure. Theoretical background, Volume 1, 1st Edition. London, 2002.

TORRE, S. *Aprender com os erros*: o erro como estratégia de mudança: Porto Alegre: Artmed, 2007.

TORRES, N. et al. Fuerzas intermoleculares y su relación con propiedades físicas: búsqueda de obstáculos que dificultan a aprendizaje significativa. *Educación Química*, v.21, n.3, p.212-218, 2010.

TORRICELLI, E. *Dificuldades de Aprendizagem no Ensino de Química*. 2007. Disponível em: <www.eduk.com.br>. Acesso em: 12 jun. 2016.