

A interpretação dos resultados: um elemento de significado para inferência estatística¹

La interpretación de los resultados: un elemento de significado para la inferencia estadística

The interpretation of results: an element of meaning for statistical inference

Osmar Vera*

RESUMO

Em dois problemas de resposta aberta, onde um teste de hipótese e uma análise de variância elementar são modelados, analisamos as respostas de (N = 224) estudantes de psicologia da Universidade de Huelva, Espanha, em relação ao significado alcançado pelos alunos na interpretação dos resultados. Uma vez resolvidos, eles foram solicitados a interpretar os resultados em termos do problema. Utilizamos a abordagem ontosemiótica da cognição matemática como referencial teórico. Como parte do referencial, consideramos os objetos matemáticos, os processos envolvidos e os resultados, a fim de descobrir conflitos semióticos que levam a respostas institucionalmente inadequadas. Apresentamos uma classificação detalhada dos conflitos semióticos que emergem da análise das tarefas realizadas pelos estudantes.

Palavras-chave: Interpretação dos resultados. Estudantes de psicologia. Conflito semiótico. Abordagem ontosemiótica à cognição e instrução matemática (EOS). Inferência estatística.

1 Tradução: Osmar Vera. E-mail: overa17@gmail.com.

* Universidade Nacional de Quilmes. Buenos Aires, Argentina. E-mail: overa17@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-2163-8516>.

RESUMEN

En dos problemas de respuesta abierta, donde se modela una prueba de hipótesis y un análisis de varianza elemental, analizamos las respuestas de (N=224) estudiantes de psicología de la Universidad de Huelva, España, en relación con el significado alcanzado por los estudiantes en la interpretación de los resultados. Una vez resueltos, se les pidió interpretar los resultados en términos del problema. Usamos como marco teórico el enfoque onto-semiótico de la cognición matemática. Como parte del marco, consideramos los objetos matemáticos, los procesos involucrados y los resultados con el objetivo de descubrir conflictos semióticos que conducen a respuestas institucionalmente inadecuadas. Presentamos una clasificación detallada de los conflictos semióticos que emergen del análisis de esas tareas realizadas por los estudiantes.

Palabras clave: Interpretación de resultados. Estudiantes de psicología. Conflicto onto-semiótico. Enfoque onto-semiótico de la cognición e instrucción matemática (EOS). Inferencia estadística.

ABSTRACT

In a hypothesis test and analysis of variance open-ended problem, we analyzed the answers given by (N = 224) psychology students from the University of Huelva, Spain in relation to the meaning reached by the students in the interpretation for both results. After solving the problems, they were asked to interpret the results in terms of the problem. We use the onto-semiotic approach to mathematical cognition as a theoretical framework. As part of this framework, we consider the mathematical objects, the processes involved and the results, with the aim of discovering semiotic conflicts that lead to institutionally inadequate responses. We present a detailed classification of the semiotic conflicts that emerge from the analysis of these tasks carried out by the students.

Keywords: Interpretation of results. Psychology students. Onto semiotic conflicts. Onto semiotic approach (OSA). Statistical inference.

Introdução

Uma característica comum das pesquisas que envolvem as ciências humanas como sociologia, educação e psicologia, hoje, é utilizada na interpretação da inferência estatística. O uso de inferência nessas investigações, em particular, tanto do contraste de hipóteses quanto da análise de variância, muitas vezes não

é o mais adequado, o que é demonstrado em várias revisões (Batanero, 2000; Batanero & Díaz, 2006). Esses trabalhos publicados em revistas de pesquisa alertam que os resultados dos contrastes estatísticos são interpretados incorretamente.

Isso é preocupante, já que um elemento caracterizador tanto dos testes de hipótese quanto da análise de variância é a tomada de decisão como resposta final ao problema (Harradine, Batanero & Rossman, 2011), para o qual a interpretação dos resultados em termos do problema é necessária. Apesar da difusão do uso de software de computador, pesquisadores e estudantes expressam mal-entendidos para esse processo, já que esse raciocínio não utiliza artefatos.

A incompreensão de inferência em estudantes universitários tem sido descrita em muitas investigações (Castro Sotos, Vanhoof, Van den Noortgate & Onghena, 2007; Vallecillos, 1994; Vera, 2017; Vera, Batanero, Díaz & López-Martín, 2016; Vera, Díaz & Batanero, 2011, 2016), apesar disso, não há histórico de estudos em relação à interpretação dos resultados estatísticos em termos do problema. Acreditamos que a interpretação correta dos resultados em contraste levará a um processo de tomada de decisão adequado, que, como dissemos, é o objetivo final dos testes de hipóteses.

Para atingir nosso objetivo, neste trabalho, um teste de avaliação foi passado para os estudantes de psicologia, a fim de avaliar sua capacidade de argumentação e as estratégias utilizadas para resolver problemas em aberto. Baseando-se em noções teóricas da abordagem ontosemiótica à cognição e instrução matemática (Godino, 2002; Godino, Font & Wilhelmi, 2008; Godino, Batanero & Font, 2012), o estudo semiótico das respostas dadas foi realizado. Dos cinco níveis de análise didática descritos pelos autores, em nosso estudo, atentamos para o segundo nível, que enfoca os objetos e processos envolvidos na realização de práticas matemáticas, e tem como objetivo descrever sua complexidade ontosemiótica como fator explicativo dos conflitos semióticos que ocorrem em sua realização. Destacamos, também, para este trabalho, a análise de funções semióticas interpretadas como a relação entre objetos, uma vez que permitem um refinamento da análise de significado em termos de práticas matemáticas (Godino, Batanero & Font, 2012).

Nós seguimos o método usado em pesquisas anteriores, por exemplo, Cañadas (2012) e Gea (2014), que compartilham nosso referencial teórico. Assim, por meio de nossa análise, comparamos o significado institucional dos objetos matemáticos contraste das hipóteses (tanto no próprio teste de hipótese quanto na análise de variância) com o significado alcançado pelos alunos para interpretar os resultados de seus procedimentos em termos do problema, isto é, no contexto. A seguir, descrevemos o referencial teórico utilizado, a metodologia utilizada, a discussão dos resultados e a conclusão do trabalho.

Referencial teórico

De acordo com Godino, Batanero e Font (2012), para especificar e abordar os problemas da pesquisa no ensino de matemática, as teorias são necessárias. No nosso caso, tomamos a “abordagem ontosemiótica” (EOS) da cognição matemática, proposta por Godino e colaboradores (Godino, Font & Wilhelmi, 2008; Godino, 2002) como a mais adequada para nossa pesquisa. Esse modelo nos dá um ponto de vista pragmático-antropológico, baseado no papel fundamental da atividade de resolução de problemas.

Significados pessoais e institucionais

Os autores, já mencionados para este referencial teórico, vêm esclarecendo e desenvolvendo as noções de “significado institucional e pessoal de um objeto matemático” (entendido em termos de sistemas de prática em que o objeto é decisivo para sua realização) e sua relação com a noção de compreensão. Para um objeto matemático (neste caso, a interpretação da resposta em termos do problema) dentro desse referencial teórico, é muito importante distinguir entre significado institucional e pessoal. O significado institucional inclui as práticas matemáticas que são compartilhadas em uma instituição, enquanto o significado pessoal seria formado pelas práticas pessoais de um sujeito. A distinção entre essas duas dimensões (institucional-pessoal) do conhecimento é fundamental para a nossa pesquisa, onde partimos da análise do significado institucional do objeto de estudo. Ao observar as respostas dos alunos aos problemas propostos, analisamos os significados pessoais (sistemas de prática adquiridos por um sujeito) e concebemos que um aluno aprende quando seus significados pessoais estão acoplados aos institucionais (Godino, 2002), e, quando algum dos significados pessoais não coincidem com os da instituição, eles serão identificados para realizar uma intervenção didática que permita a correção.

Significados de objetos matemáticos

Para este trabalho, contamos com essas ideias teóricas propostas por esses autores (Godino, Batanero & Font, 2012), que tentaram desenvolver uma ontologia rica o suficiente para descrever a atividade matemática e os processos de comunicação de suas “produções”. Essa abordagem concebe o significado de objetos matemáticos ou estatísticos como um sistema complexo de práticas operacionais e discursivas, onde intervêm os seguintes tipos de objetos

matemáticos: situações-problema, linguagem, conceitos/definições, argumentos e raciocínios usados para justificar ou explicar à outra pessoa as proposições e procedimentos. O aluno deve usá-los para estabelecer as hipóteses estatísticas, escolher o modelo estatístico que usará e encontrar o valor para finalmente interpretar a decisão em termos da declaração do problema.

Godino (2002) aponta que, nas práticas matemáticas, objetos ostensivos (símbolos, gráficos etc.) e objetos não ostensivos (que evocamos ao fazer matemática) intervêm; os símbolos (significantes) referem-se a entidades conceituais (significados). Essas representações são muito importantes para facilitar o ensino e a aprendizagem, mas, às vezes, causam dificuldades aos alunos.

Função semiótica

Essa ideia aparece na faceta *dual-expression-content*; mais precisamente, de acordo com Godino, Batanero & Font (2012), a função semiótica é uma “correspondência entre conjuntos”, em que três componentes intervêm: um plano de expressão (sinal ou objeto inicial); um plano de conteúdo (significado de tal sinal, o que é representado, objeto final); e um critério ou regra de correspondência que serve para interpretar a relação entre os dois planos indicados. Os autores sugerem que qualquer tipo de objeto (situações-problemas, conceitos, proposições, procedimentos e argumentos) pode participar da função semiótica como expressão ou conteúdo (Godino, Batanero & Font, 2012, p. 15).

As funções semióticas são geralmente dadas pela sua expressão, de modo que os outros componentes seriam implícitos. Alguém deve fazer uma possível interpretação da expressão ou signo (intérprete), já que isso por si não corresponde explicitamente entre expressão e conteúdos. Quando há um desentendimento entre o significado estabelecido pelo autor da função semiótica e aquele feito pelo intérprete, fala-se de *conflito semiótico*. Mais precisamente, no ensino ou na avaliação, toda vez que um aluno faz uma interpretação que não vai de acordo com o que se espera da instituição que ministra o ensino (de uma expressão em um livro didático, ou uma explicação do professor, de um item de avaliação etc.), ocorre um conflito semiótico. Essa interpretação nos permite explicar muitos dos erros e dificuldades observados na aprendizagem. Em nossa pesquisa, tentaremos caracterizar alguns conflitos semióticos dos alunos em relação à interpretação dos resultados, realizando uma análise semiótica com dois problemas em aberto.

Material e método

Propomos a 224 alunos (com idades entre 19 e 20 anos) do segundo ano de psicologia da Universidade de Huelva, Espanha, que resolvessem, individualmente e por escrito, a tarefa apresentada na Figura 1. Essa tarefa levanta dois problemas, um contraste de hipóteses sobre a média de uma população com variância conhecida e uma análise de variância de um fator com medidas repetidas. O aluno é solicitado a explicar as diferentes etapas do processo.

No trabalho, concentramo-nos na análise do ponto 4 (P1) e do ponto 5 (P2) (Figura 1). Lá, solicita-se interpretar os resultados da decisão adotada. O objetivo dessa questão foi avaliar o entendimento para a interpretação dos resultados em termos do problema apresentado, por meio das respostas dadas em relação à seção quatro (P1) e à seção cinco (P2) da declaração da tarefa: O que pode fazer o professor concluir sobre a velocidade média de leitura de seus alunos? E que conclusão você tira da análise?

Os dados foram coletados como parte de uma avaliação em um sujeito de análise de dados II, obrigatória para os alunos que participaram do estudo, e na qual a amostragem foi abordada; estimativa de intervalos de confiança; contraste de hipóteses sobre médias e proporções; e análise de variância no nível elementar. Todos eles completaram o primeiro ano estatístico descritivo e a probabilidade em relação à análise dos dados I. Como a pergunta faz parte da avaliação, os alunos estudaram a matéria minuciosamente, para passar na disciplina

FIGURA 1 – PROBLEMAS PLANEJADOS AOS ESTUDANTES

Problema 1 (P1). Sabe-se de vários trabalhos de pesquisa que crianças de seis anos têm uma velocidade média de leitura de 40 palavras por minuto, com variância igual a 16. Um professor quer saber se as crianças de sua classe estão ou não na média de palavras por minuto. Para isso, mede a velocidade de leitura nas 25 crianças de sua classe, obtendo uma média de 43 palavras por minuto:

1. Defina as hipóteses estatísticas.
2. Que tipo de contraste de hipóteses você vai usar?
3. Que decisão você deve tomar sobre as hipóteses, com um nível de confiança de 95%?
4. Que o professor pode concluir sobre a velocidade média de leitura de seus alunos?
5. Qual é o poder do contraste se partimos do fato de que o valor da hipótese alternativa é igual a 42? ($H_1: \mu = 42$)?

Problema 2. (P2). Uma investigação foi realizada para estudar se as técnicas de redução de estresse têm um efeito sobre a ansiedade pré-competitiva em atletas. Para isso, foram selecionados cinco atletas com alta ansiedade e lhes ensinaram essas técnicas. Três medidas de ansiedade foram tomadas: A1: antes do ensino; A2: durante o ensino; A3: depois de ensinar. Os resultados obtidos são mostrados na tabela a seguir:

Sujeito	A1	A2	A3
1	8	7	5
2	7	7	5
3	7	6	4
4	6	5	3
5	9	7	4

1. Definir hipóteses estatísticas que são contrastadas.
2. Definir a variável dependente e a variável independente.
3. Qual técnica estatística você deve aplicar para verificar o efeito da variável independente?
4. Assumindo que as suposições necessárias para a análise são atendidas e que o valor de $\alpha=0,05$. Que decisão você tomaria em relação a hipóteses estatísticas? Que conclusão você tira da análise?

FONTE: Elaborado pelo autor.

Uma série de recomendações psicométricas usuais foram seguidas para o processo de problematização, como consultas com especialistas e testes-piloto. Para avaliar a compreensão dos alunos sobre essa questão, as respostas foram categorizadas como corretas, parcialmente corretas e incorretas; e também, dentro de cada uma delas, o tipo de resposta foi diferenciado, permitindo, assim, uma análise mais detalhada das estratégias e argumentos dados pelos alunos.

Descrição e discussão dos resultados

Descrevemos agora as respostas encontradas para a quarta seção de P1 e para a quinta em P2. O aluno deve concluir o último passo da modelagem de acordo com Henry (1997), que consiste em observar a realidade, criar um modelo matemático, trabalhar com o modelo e interpretar os resultados. A fase de interpretação é, muitas vezes, difícil para os alunos (Arteaga, 2011).

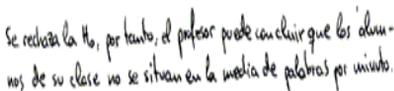
Estudo semiótico de resposta para o problema 1

Respostas corretas

C. Eles fazem uma interpretação correta dos resultados, argumentando porque os alunos da turma do professor não estão na média de palavras por minuto.

Ou seja, os alunos completaram o último passo da modelagem, consistindo em traduzir as implicações que são deduzidas do trabalho com o modelo matemático (o teste de hipótese realizado) para a realidade da qual o problema surgiu (a velocidade de leitura das crianças na investigação descrita no problema). Nessa categoria, agrupamos alunos que dão um argumento preciso, rejeitando a hipótese nula. Esses alunos também indicam a conclusão que o professor pode obter sobre o comportamento de seus alunos em relação ao nível de leitura. Na Tabela 1, um exemplo e sua análise semiótica são analisados. Vemos que o estudante usa símbolos e conceitos relevantes e toma a decisão correta, interpretando sua implicação na pesquisa descrita.

TABELA 1 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UMA RESPOSTA CORRETA

Expressão	Conteúdo
	<ul style="list-style-type: none">– O estudante discute que decisão tomar (processo de argumentação com símbolos, H_0 adequado).– Reconhece que a decisão deve ser rejeitar a hipótese nula (conceito).– Traduzir a decisão no contexto do problema: os alunos não estão no meio das palavras (contextualização dos resultados).
<i>O H_0 é rejeitado, portanto, o professor pode concluir que os alunos de sua turma não estão na média de palavras por minuto</i>	

FONTE: Elaborado pelo autor.

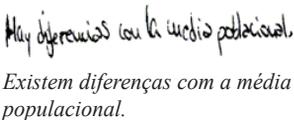
Respostas parcialmente corretas

Encontramos três categorias de respostas nas quais uma parte está correta, mas contém algum erro; no primeiro, os alunos interpretam os resultados de sua análise em termos matemáticos, sem contextualizá-los; no segundo e terceiro, embora contextualizem os resultados, interpretam o contraste como unilateral em uma categoria e, em outro, não rejeitam a hipótese nula, devido a erros nas etapas anteriores.

PC1. Embora seja corretamente interpretado que não há diferença nas médias, a resposta não está relacionada ao contexto do problema.

Nessa categoria, agrupamos estudantes que, embora respondam em termos de rejeitar a hipótese nula, que é a solução matemática correta, não interpretam esse resultado no contexto do problema; portanto, eles não completam a última etapa do processo de modelagem (Henry, 1997). A conclusão que o professor deve tirar em relação ao nível de leitura dos alunos de sua turma não aparece na resposta, comparada ao nível de crianças da população geral. Um exemplo é analisado na Tabela 2, que mostra um conflito no aluno, embora ele use corretamente as ideias de hipótese nula e região de rejeição.

TABELA 2 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA PC1

Expressão	Conteúdo
	<ul style="list-style-type: none">– O aluno reconhece que ele deve rejeitar a hipótese nula (a propriedade está na zona de rejeição).– No entanto, não é capaz de contextualizar. Um conflito aparece porque não utiliza o fenômeno presente na tarefa (o estudo do nível de leitura de um grupo de alunos).

FONTE: Elaborado pelo autor.

PC2. Interpreta o contraste como se fosse um contraste unilateral e faz uma interpretação correta para este.

Decidimos agrupar nessa categoria todos os alunos que responderam à tarefa como se fosse um contraste unilateral, ainda que o problema proposto corresponda a um contraste bilateral. Ou seja, eles confundem o tipo de contraste, embora tenham resolvido bem, porque rejeitaram a hipótese nula. Por outro lado, deram uma interpretação parcial do resultado obtido no contexto do problema. Esse fato é principalmente uma consequência de ter definido um contraste unilateral na primeira seção da tarefa. Embora a interpretação seja

consistente com a hipótese, ela é considerada parcialmente correta porque não está alinhada com o objetivo do problema proposto. Na Tabela 3, analisamos um exemplo em que o aluno apresenta um conflito que consiste em confundir o campo do problema.

TABELA 3 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA PC2

Expressão	Conteúdo
<i>Que la media de velocidad lectora de su clase está por encima de la media poblacional</i>	– O aluno faz o contraste no qual ele decide rejeitar a hipótese nula (processo de interpretação). – Conclui que cai na zona de rejeição do teste (propriedade) usando os termos do problema em estudo, isto é, toma a decisão correta.
<i>Que a média de velocidade de leitura de sua classe está acima da média da população.</i>	– O aluno desenvolveu um contraste unilateral (<i>conflito</i>) interpreta a rejeição dizendo que “ <i>está acima</i> ”. Confunde o campo do problema, responde como um teste do lado direito.

FONTE: Elaborado pelo autor.

PC3. Eles interpretam que a média da população é igual à da amostra.

Nessa categoria, incluímos todos os alunos que, embora contextualizem seus resultados em termos do problema, completando o ciclo de modelagem, concluem que os alunos de sua turma têm a mesma velocidade de leitura que os da população. Isto é porque eles estão assumindo que a hipótese nula deve ser aceita, devido a uma confusão entre a região de aceitação e rejeição, isto é, porque eles carregam um erro da seção anterior (Que decisão você deveria tomar sobre as hipóteses, com um nível de confiança? 95%?). A confusão entre região de rejeição e aceitação foi descrita entre outros trabalhos de Vallecillos (1994). Na Tabela 4, realizamos a análise semiótica de um exemplo em que esse conflito é mostrado.

TABELA 4 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA PC3

Expressão	Conteúdo
<p><i>Que sus alumnos se situou en la media poblacional.</i></p> <p><i>Que seus alunos estão localizados na média da população.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – O aluno decide não rejeitar a hipótese nula (processo de interpretação), gera um <i>conflito</i>, já que, de acordo com os dados da tarefa, ele deve rejeitá-la (cair na zona de rejeição: propriedade). – Ao interpretar os resultados do estudo inferencial (conceito), conclui-se que os alunos estão <i>na velocidade média de leitura</i> (processo de argumentação). A interpretação seria correta para a decisão tomada.

FONTE: Elaborado pelo autor

Respostas erradas

II Conclui, correta ou incorretamente, mas não interpreta.

Para essa categoria, selecionamos todos os alunos que responderam à seção, rejeitando ou não a hipótese nula; mas sem interpretar os resultados.

TABELA 5 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA II

Expressão	Conteúdo
<p><i>Se aceite $H_0 \equiv \mu_{43} = \mu_{40}$</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – O aluno decide não rejeitar a hipótese nula (processo de interpretação). – Responde em termos de aceitação (conceito: processo lógico de contraste de hipóteses). – Gera <i>conflito</i>, primeiro, ao não rejeitar o conflito; e segundo, ao responder em termos de “aceitá-lo”. – Utiliza simbologia não institucionalmente aceite, <i>conflito</i> (expressão-conteúdo-atributo desarticulado), – <i>Conflito</i>, não interpreta os resultados.

FONTE: Elaborado pelo autor

Nós consideramos incorreto porque essa interpretação foi explicitamente solicitada, mas muitos estudantes não são capazes de chegar a essa última fase do ciclo de modelagem. Na Tabela 5, é incluído um exemplo em que, além de errôneos, são utilizados símbolos e terminologia que não coincidem com a contextualização da tarefa.

Os resultados obtidos nessa questão, na amostra, estão resumidos na Tabela 6, discriminados nas diferentes categorias de resposta descritas.

A Tabela 6 mostra que aproximadamente 25% das respostas foram codificadas como corretas, ou seja, são alunos que tomam a decisão certa e são capazes de interpretá-la. A porcentagem de respostas parcialmente corretas é alta, o que, no total, representa 39,3% dos estudantes, dos quais apenas quase 5% correspondem a estudantes que, embora rejeitando a hipótese nula, não usam termos da declaração de problema; e 3,1% são aqueles que fazem uma interpretação correta, mas como um contraste unilateral, confundindo o campo do problema. A maioria dos alunos com respostas parcialmente corretas interpreta que não rejeita H_0 , confundindo regiões de aceitação e rejeição. Se considerarmos as respostas corretas, aqueles que têm interpretado, de acordo com seus resultados (PC2 e PC3), obtemos 59% dos alunos que souberam como contextualizar os resultados do estudo estatístico, completando o ciclo de modelagem descrito por Henry (1997). Essa é uma porcentagem muito elevada, em comparação com estudos como Arteaga (2011), em que menos de 25% dos futuros professores do ensino primário foram capazes de completar essa etapa. No trabalho de Cañadas et al. (2012), 31,5% não são capazes de interpretar o resultado solicitado.

TABELA 6 – FREQUÊNCIAS E PERCENTAGENS DE RESPOSTAS

Categorias		Freq.	%
C.	Corretas	55	24,6
PC1.	Interpretação correta do resultado, mas sem o relacionar com o contexto.	11	4,9
PC2.	Interpreta o contraste como unilateral.	7	3,1
PC3.	Interpretam, aceitando a igualdade de média da populacionais e da amostra.	60	31,3
I1.	Não interpreta os resultados no contexto do problema.	9	4,0
I2.	Não relacionado com a tarefa.	5	2,2
S/R	Não respondido.	67	29,9
Total		224	100,0

FONTE: Elaborado pelo autor.

É verdade que uma grande parte desses estudantes confundiram passos prévios, ou usaram um contraste unilateral, ou chegaram a não recusar a hipótese nula, mas a interpretação que fazem é correta. Há, ainda, uma pequena porcentagem que não chega a contextualizar (I1) e cerca de 30% não responde este artigo.

Estudo semiótico das respostas ao Problema 2

Respostas corretas

Decidimos apresentar três categorias para as respostas corretas porque elas variam em sua redação, e a qualidade da resposta depende disso.

C1. As técnicas têm um efeito sobre a ansiedade.

Nessa categoria, o aluno consegue enquadrar a decisão que tomou ao rejeitar a hipótese nula. Ele conclui que as técnicas de inoculação de estresse têm um efeito sobre a ansiedade, afirmando essa resposta após rejeitar a hipótese nula em apoio à alternativa. A Tabela 7 mostra um exemplo dessa categoria, desenvolvido por um dos alunos e detalha uma análise semiótica. No entanto, tal como acima referido, pode haver confusão nessa resposta entre a técnica utilizada e o tempo de medição. Como aqui apenas valorizamos a interpretação, consideramo-la correta.

TABELA 7 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA C1 PARA P2

Expressão	Conteúdo
<p><i>Se puede concluir que las técnicas de inoculación de estrés tienen efecto sobre la ansiedad, puesto que se rechaza H_0 para aceptar H_1.</i></p> <p><i>Pode-se concluir que as técnicas de inoculação de estresse têm um efeito sobre a ansiedade, uma vez que o H_0 é rejeitado para suportar o H_1.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – O aluno argumenta a decisão a tomar (processo de argumentação com símbolos apropriados, H_0 e H_1). – Reconhece que a decisão deve ser de rejeitar a hipótese nula para sustentar a alternativa (conceito). – Traduz a decisão no contexto do problema: “as técnicas de inoculação de estresse têm um efeito sobre a ansiedade” (contextualização dos resultados).

FONTE: Elaborado pelo autor.

C2. Há diferenças no nível de ansiedade.

Nessa categoria, agrupamos os estudantes que, após rejeitarem a hipótese nula, concluem que existem diferenças no nível de ansiedade entre as diferentes medidas tomadas, relacionam as hipóteses estatísticas. A Tabela 8 mostra um exemplo dessa categoria, desenvolvido por um dos alunos e detalha uma análise semiótica. Vemos que o aluno se refere às medidas que foram feitas.

TABELA 8 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA C2 PARA P2

Expressão	Conteúdo
<p><i>Se se rejeita la H_0, por tanto podemos concluir que existen diferencias en el nivel de ansiedad entre las diferentes mediciones</i></p> <p><i>O H_0 é rejeitado, pelo que podemos concluir que existem diferenças no nível de ansiedade entre as diferentes medidas.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – O aluno argumenta a decisão a tomar (processo de argumentação, com símbolos, H_0). – Reconhece que a decisão deve ser de rejeitar a hipótese nula explicitamente com a frase: “H_0 é rejeitado” (conceito), argumentando sua conclusão. – Traduz a decisão no contexto do problema: “existem diferenças no nível de ansiedade em diferentes níveis” (contextualização dos resultados).

FONTE: Elaborado pelo autor

C3. O VI influencia o VD.

Nessa categoria, o aluno define por meio dos símbolos VI e VD, respectivamente, quais são, para seu entendimento, tanto a variável independente como a dependente. Ele usa uma dupla expressão condicional indicando que o F empírico é maior do que o F teórico, como consequência dela, ele decide rejeitar a hipótese nula, e disso se deduz que a variável independente (para seu entendimento, as técnicas de inoculação de estresse) influencia na variável dependente (a ansiedade). A resposta está carregada de simbolismo, mas responde de acordo com a expectativa esperada. A Tabela 9 mostra um exemplo dessa categoria, desenvolvido por um dos alunos e detalhando uma análise semiótica.

TABELA 9 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA C3 PARA P2

Expressão	Conteúdo
<p>VD = ANSIEDAD</p> <p>V.I: TÉCNICA DE INOCUACIÓN DE ESTRES. NIVEL DE ESTRES.</p> <p>$F_E > F_T \rightarrow$ RECHAZO $H_0 \rightarrow$</p> <p>LA V.I INFLUYE EN LA V.D</p>	<ul style="list-style-type: none"> – O aluno definiu a variável dependente e a variável independente, para sua compreensão. <i>Confli</i>to com a escolha do independente (conceito) porque mistura técnicas com níveis de stress. – Simboliza ambos os tipos de variáveis presentes no problema, VD para dependente e VI para independente (processo de significado). – Ele interpreta corretamente que deve tomar uma decisão argumentando com os valores calculados de F (processo de argumentação, definição-conceito). – Ele deduz desse último que a hipótese nula é rejeitada (processo de argumentação usando símbolos, H_0). – Conclui em termos do problema usando os símbolos criados (processo de comunicação).

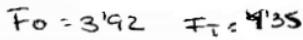
FONTE: Elaborado pelo autor.

Respostas incorretas

Não conseguimos encontrar respostas parcialmente corretas. Agrupamos as respostas incorretas em cinco categorias.

II. Incoerente segundo a tabela ANOVA apresentada. Os alunos que foram agrupados nesta categoria são aqueles que encontraram em sua análise estatística um valor para F empírico menor do que o teórico F, mas decidiram rejeitar a hipótese nula. Esta decisão é inconsistente com os resultados da análise estatística. A Tabela 10 mostra um exemplo de uma resposta a esta questão e implica uma falta de compreensão do raciocínio subjacente num contraste de hipóteses (Batanero, 2000).

TABLA 10 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA I1, PARA P2

Expressão	Conteúdo
 <p>$F_0 = 3'92$ $F_T = 4'35$</p> <p>Se rechazamos H_0. Por lo que hay diferencias según el nivel de ansiedad.</p> <p>Rejeitado H_0. Portanto, há diferenças de acordo com o nível de ansiedade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Estudante obteve valores incorretos de F, <i>conflito</i>. – <i>Conflito</i>, decide rejeitar a hipótese nula, embora tenha obtido um F teórico maior que o F empírico (argumentação, conceito). – <i>Conflito</i>, na conclusão, não pode relacionar a variável dependente com a variável independente, apenas o nível de ansiedade aparece e não o momento em que a técnica é aplicada.

FONTE: Elaborado pelo autor.

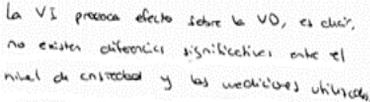
12. Há efeito, mas não há diferença no nível de ansiedade.

Os alunos que foram agrupados nesta categoria são aqueles que, após a obtenção de resultados que lhes permitem rejeitar a hipótese nula, de indicar qual é a VI (variável independente) e qual é o VD (variável dependente), decidem que há um efeito de uma variável sobre o outro, mas concluem que não há diferenças significativas no nível de ansiedade. Eles apresentam uma contradição, porque se há um efeito é porque há diferenças significativas que os levaram a rejeitar H_0 . Os alunos não entendem o conceito de significância estatística (Vallecillos, 1994; Batanero, 2000). Na Tabela 11, um exemplo de tal resposta desenvolvido por um dos alunos é mostrado, e uma análise semiótica é detalhada.

13. As técnicas não têm efeito sobre a ansiedade, apesar de rejeitarem a hipótese nula.

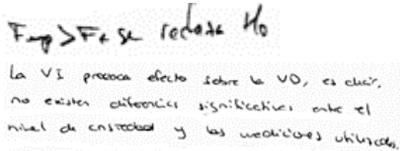
Esses estudantes, apesar de completarem corretamente sua tabela de análise de variância e concluírem que a hipótese nula é rejeitada, acabam decidindo que as técnicas de inoculação de estresse não têm efeito sobre a ansiedade pré-competitiva em atletas. Novamente, como em I2, há uma contradição e falta de compreensão da lógica do contraste de hipóteses. Um exemplo de análise de resposta é mostrado na Tabela 12.

TABELA 11 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA I2, PARA P2

Expressão	Conteúdo
 <p><i>VI tem um efeito sobre a VD, ou seja, não há diferenças significativas entre o nível de ansiedade e as medidas utilizadas.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Como em C3, simboliza a variável independente e a variável dependente, atribui uma expressão a um conteúdo (processo de significação). – Afirma que a variável independente tem um efeito sobre o dependente – as técnicas aplicadas têm um efeito sobre a ansiedade (particularização). – Ele deduz que não há diferença significativa entre o nível de ansiedade e as medidas tomadas, <i>conflito</i>, não é sobre as medidas, mas sobre os momentos em que ele é medido (argumentação). – Um <i>conflito</i> é gerado entre o antecedente e o consequente da proposição, já que o segundo não é deduzido do primeiro (processo de interpretação-argumentação).

FONTE: Elaborado pelo autor.

TABELA 12 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA I3, PARA P2

Expressão	Conteúdo
 <p>$F_{emp} > F_{teor}$ é rejeitado H_0 <i>VI tem um efeito sobre a VD, ou seja, não há diferenças significativas entre o nível de ansiedade e as medidas utilizadas.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Realiza uma tabela de análise de variância, obtendo-se que o F empírico é maior que o F teórico (procedimentos). – Ele deduz que rejeita a hipótese nula (conceito e processo de argumentação usando símbolos, H_0). – <i>Conflito</i> conclui em termos do problema, mas é incoerente com os resultados que deduziu da sua tabela ANOVA (particularização dos conceitos).

FONTE: Elaborado pelo autor.

14. Não rejeitar H_0 , não há diferenças significativas.

Os alunos que foram agrupados nessa categoria são aqueles que, após terem apresentado erros no processo de cálculo da tabela de análise de variância, os resultados os levam a não rejeitar o H_0 , e, a partir daí, concluem de forma

coerente que não há diferenças significativas. Embora a decisão seja consistente com seus resultados, ela é errada porque vem de um erro anterior. Um exemplo é mostrado na Tabela 13.

TABELA 13 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA I4, PARA P2

Expressão	Conteúdo
<p>No existen diferencias estadísticas significativas.</p> <p><i>Não existem diferenças estatisticamente significativas.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Admite não ter encontrado diferenças estatisticamente significativas (propriedade), é devido a erros no processo de cálculo ao completar a tabela de análise de variância, <i>conflicto</i> (procedimento). – <i>Conflicto</i>, não explica quais variáveis não encontram as diferenças significativas (processo de comunicação). – <i>Conflicto</i>, não responde em termos do contexto do problema (processo de argumentação).

FONTE: Elaborado pelo autor.

15. Responde sem realizar análises estatísticas.

Os alunos que foram agrupados nessa categoria são aqueles que não consideraram uma análise estatística para responder à seção, apenas observando os dados é que eles dão alguma resposta; em alguns casos pertinentes, em outros, não. Um exemplo é mostrado na Tabela 14.

TABELA 14 – ANÁLISE SEMIÓTICA DE UM EXEMPLO NA CATEGORIA I5, PARA P2

Expressão	Conteúdo
<p>Las técnicas de inoculación de estrés sí tiene efecto sobre la ansiedad pre-competitiva en atletas, teniendo en cuenta el momento en el que se le enseña la técnica a los atletas.</p> <p><i>As técnicas de inoculação de estresse têm um efeito sobre a ansiedade pré-competitiva nos atletas, levando em conta o tempo em que a técnica é ensinada aos atletas.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> – Responder em termos do problema (contextualização dos resultados). – Esse resultado não é derivado de análise estatística, processo de análise – <i>conflicto</i> (procedimento).

FONTE: Elaborado pelo autor.

A Tabela 15 apresenta um resumo com todas as categorias encontradas para essa seção com as respectivas frequências. A percentagem de respostas corretas tem sido de 25%, muito semelhante à que foi dada uma interpretação correta no problema 1; portanto, assumimos que a capacidade de completar o último passo do processo de modelação (Henry, 1997) não depende do problema em si. Poder-se-ia acrescentar 3,6% da categoria I4, que cometeu erros de cálculo mas interpretou corretamente os seus resultados.

Houve uma alta taxa de não resposta de 58,5%, muito maior do que no primeiro problema, do qual deduzimos maior dificuldade de interpretação nesse caso.

TABELA 15 – FREQUÊNCIAS (E PERCENTAGENS) DO PONTO 5, EM P2

Categorias	Frequência	%
C1. As técnicas têm efeito sobre a ansiedade.	21	9,4
C2. Há diferenças no nível de ansiedade.	18	8,0
C3. A VI influencia a VD.	17	7,6
I1. Incoerente segundo a tabela ANOVA apresentada.	7	3,1
I2. Há efeito, mas não há diferença no nível de ansiedade.	3	1,3
I3. As técnicas não têm nenhum efeito sobre a ansiedade.	14	6,3
I4. Não rejeitar H_0 , não há diferenças significativas.	8	3,6
I5. Responde sem realizar análises estatísticas.	5	2,2
Não respondido.	131	58,5
Total	224	100,0

FONTE: Elaborado pelo autor.

As respostas incorretas representam 16,5%. Destes, o maior percentual corresponde a estudantes que respondem que as técnicas de inoculação de estresse utilizadas não têm um efeito sobre a ansiedade. Acreditamos que ter alcançado esse resultado é natural, pois é exatamente o oposto da resposta correta, como a aplicação de técnicas produz mudanças no nível de ansiedade. Podemos deduzir a confusão entre variável dependente e independente já descrita.

Conclusões

A seguir, a título de conclusão, descrevemos em detalhe os conflitos semióticos encontrados e os comentários finais sobre o trabalho. Na análise das

seções, para cada problema, podemos resumir que os seguintes conflitos foram encontrados:

Para o problema 1

Não contextualiza os resultados da análise estatística ao fenômeno presente na tarefa, que aparece nas categorias PC1, bem como em I1 e I2 (11,1% dos alunos). Portanto, não são capazes de completar o ciclo de modelagem estatística, possivelmente devido ao efeito do contrato didático, uma vez que, frequentemente, resolver um problema matemático é dar sua solução, sem interpretá-la.

Confunde provas bilaterais e unilaterais (aparece nas PC2, 3,1% dos alunos). Isso implica uma confusão do campo problemático e pode levar a uma decisão errada.

Confunde as regiões de aceitação e rejeição e não rejeita a hipótese nula quando deveria (aparece nas categorias PC3 e I1; no total, 35,3% dos alunos). Cañadas et al. (2012) e Vallecillos (1994) também encontram essa dificuldade.

Responde em termos de aceitação da hipótese nula (aparece em I1; representa 4% dos alunos). Isso supõe um erro descrito por Batanero (2000), uma vez que a resposta é dada em termos de rejeição ou não da hipótese nula.

Utiliza símbolos incorretos (aparece na categoria I1, em 4%) fazendo uso inapropriado da linguagem matemática.

Confunde a média amostral com a população (aparece em I1, 4% dos estudantes). Essa dificuldade é descrita em Harradine, Batanero e Rossman (2011).

Para o problema 2

Confusão ao completar a análise da tabela de variância (aparece nas categorias I1 a I4): 14,3% apresentam erros, relacionados com os graus de liberdade para as somas dos quadrados ou no cálculo da soma dos quadrados, o que é transmitido às médias dos quadrados e para determinar tanto F empírico como teórico. Isso gera inconsistências na tomada de decisão.

Confusão na definição de variáveis (aparece nas categorias I2 e I4): 4,9% dos alunos apresentam erros na interpretação dos resultados porque confundem as medições com os tempos em que são feitas e não conseguem definir claramente a variável independente.

Confusão ao relacionar variáveis (aparece nas categorias I1 e I4): 6,7% dos estudantes, quando comunicam a sua interpretação, não conseguem relacionar a variável dependente e independente ou não conseguem explicá-la claramente. Em geral, eles confundem nível de ansiedade, técnicas de inoculação de estresse e momentos em que eles fazem as medições.

Confusão ao interpretar, pois utilizam apenas os valores dos dados (aparece na categoria I5): 2,2% não realizam análise estatística, mas respondem a essa seção utilizando a intuição derivada dos valores medidos para ansiedade sem realizar o cálculo para completar a tabela de análise de variância.

Não usa contexto para responder; aparece na categoria I4 em 3,6%. Essa porcentagem de alunos apresenta erros, pois respondem sem levar em conta a fenomenologia que contextualiza a tarefa.

Confusão na dedução de um efeito se não houver diferenças entre os fatores (aparece na categoria I2). Isto é 1,3% dos estudantes que, embora deduzam, com erros, que não há diferença significativa (o que implicaria que as técnicas não produzem um efeito sobre a ansiedade, ou seja, o nível médio de ansiedade será estatisticamente o mesmo nos três momentos), acabam por responder que as técnicas têm um efeito sobre a ansiedade.

Este trabalho fornece uma contribuição original, uma vez que nenhuma pesquisa foi encontrada no campo da didática estatística que estude a interpretação de decisões em testes de hipóteses em termos do fenômeno presente no problema.

Acreditamos que essa discussão irá melhorar o ensino atual sobre o assunto, apesar da característica intencional da amostra e da limitação do significado de referência. Contribuímos com um material teórico gerado a partir da concepção da didática da estatística como ciência descritiva/explicativa original. Seria desejável, com base nesse material, trabalhar com uma teoria útil e robusta que considere as conexões entre o ensino em sala de aula e a aprendizagem do aluno em relação à interpretação dos resultados em termos do problema.

REFERÊNCIAS

- Arteaga, P. (2011). *Evaluación de conocimientos sobre gráficos estadísticos y conocimientos didácticos de futuros profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Batanero, C. (2000). Controversies around the role of statistical tests in experimental research. *Mathematical Thinking and Learning*, 2(1-2), 75-98.
- _____, & Díaz, C. (2006). Methodological and didactical controversies around statistical inference. *Actes du 36ièmes Journées de la Societé Française de Statistique* [CD-ROM]. Paris: Societé Française de Statistique.
- Cañadas, G. (2012). *Comprensión intuitiva y aprendizaje formal de las tablas de contingencia en alumnos de psicología*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Castro Sotos, A. E., Vanhoof, S., Van den Noortgate, W., & Onghena, P. (2007). Student's misconceptions of statistical inference: A review of the empirical evidence form research on statistical education. *Educational Research Review*, 2(2), 98-113.

Gea, M. M. (2014). *La correlación y regresión en Bachillerato: análisis de libros de texto y del conocimiento de los futuros profesores*. Tesis doctoral. Universidad de Granada.

Godino, J. D. (2002). Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 22(2/3), 237-284.

_____, Batanero, C., & Font, V. (2012). Um enfoque onto-semiótico do conhecimento ea instrução matemática. *Acta Scientiae*, 10(2), 7-37.

_____, Font, V. & Wilhelmi, M. R. (2008). Análisis didáctico de procesos de estudio matemático basado en el enfoque-ontosemiótico. *Publicaciones*, 38, 25-48.

Harradine, A., Batanero, C., & Rossman, A. (2011). Students and teachers' knowledge of sampling and inference. En C. Batanero, G. Burrill y C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics. Challenges for teaching and teacher education* (pp. 235-246). New York: Springer.

Henry, M. (1997). Notion de modèle et modélisation en l'enseignement. *En Enseigner les probabilités au lycée* (pp. 77-84). Reims: Commission Inter-IREM.

Vallecillos, A. (1994). *Estudio teórico-experimental de errores y concepciones sobre el contraste estadístico de hipótesis en estudiantes universitarios*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.

Vera, O. D. (2017). Análisis de varianza elemental versus contraste de hipótesis: Comprensión de las hipótesis estadísticas mediante la identificación y comparación de conflictos semióticos. En: J. M. Contreras, et al. (eds.). *Segundo Congreso Internacional Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos: Actas*. Granada: Universidad de Granada. [<http://hdl.handle.net/10481/45404>].

_____, Batanero, C., Díaz, C., & López-Martín, M. M. (2016). Assessing psychology students' difficulties in elementary variance analysis. *Diálogo Educativo*, 16(48), 487-511. DOI: 10.7213/dialogo.educ.16.048.DS11.

_____, Díaz, C., & Batanero, C. (2011). Dificultades en la formulación de hipótesis estadísticas por estudiantes de Psicología. *Unión*, 1(27), pp. 41-61.

_____, _____, _____. (2016). Comprensión de las hipótesis del análisis de varianza por estudiantes de psicología. *Educação Matemática Pesquisa*, 18(3). Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/31488>. Acesso em: 29 ago. 2019.

Texto recebido em 30/08/2019.

Texto aprovado em 05/10/2019.