

# AVALIAÇÃO DA PROFICIÊNCIA DOS ALUNOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO ENADE/2014 POR MEIO DA TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM

PROFICIENCY ASSESSMENT OF PRODUCTION ENGINEERING STUDENTS PARTICIPATING IN ENADE/2014 USING THE ITEM RESPONSE THEORY

Olga Maria Formigoni Carvalho Walter<sup>1</sup>, Elisa Henning<sup>2</sup>, Andréa Cristina Konrath<sup>3</sup>, Joseane de Menezes Sternadt<sup>4</sup>, Antonio Cezar Bornia<sup>5</sup>

## RESUMO

Este artigo tem como objetivo avaliar a proficiência (desempenho) dos estudantes de Engenharia de Produção, com base na prova do ENADE/2014. A amostra é composta por 15.082 estudantes, e o desempenho foi avaliado por meio da Teoria da Resposta ao Item que permite descrever a relação entre a probabilidade de um indivíduo dar certa resposta a um item e seus traços latentes. Todas as análises foram realizadas no *software* R. Foi gerada uma escala com o modelo logístico de três parâmetros, na qual foi possível identificar três níveis de desempenho. No nível 1 da escala, as habilidades são voltadas para leitura, interpretação e raciocínio quantitativo. O nível dois, além das habilidades do nível 1, engloba raciocínio lógico, conhecimento interdisciplinar, raciocínio crítico e analítico e capacidade de abstração. Já o nível 3 da escala, que contempla todas as competências e habilidades dos níveis anteriores, é agregado à visão sistêmica. Os resultados apontaram que mais de 74% dos estudantes situam-se abaixo do nível 1 da escala, evidenciando proficiências muito baixas, o que indica a necessidade de um plano de ação por parte das universidades a fim de melhorar a retenção do conhecimento dos estudantes, para que, no futuro, formem-se profissionais competentes nos diversos setores em que um engenheiro de produção pode atuar.

**Palavras-chave:** Engenharia de Produção; ENADE; Teoria da Resposta ao Item; avaliação.

## ABSTRACT

This article aims to evaluate the proficiency (performance) of Production Engineering students based on the ENADE/2014 test. The sample is composed of 15,082 students, and the performance was assessed using the Item Response Theory. All analyses were conducted using R software. Based on the results to the ENADE/2014 test, we generated a scale with the logistic model considering three parameters, that allowed us to identify three levels of performance. At level 1 of the scale, the abilities were focused on reading, interpretation and quantitative reasoning. Level 2, besides the abilities assessed on level 1, encompasses logical reasoning, interdisciplinary knowledge, critical and analytical reasoning and abstraction ability. Level 3 of the scale, that contemplates all skills and abilities of the previous levels, is aggregated to the systemic view. The results indicated that more than 74 percent of the students are below level 1 of the scale, demonstrating that the levels of proficiency are very low. This result suggests that Universities need a plan of action to improve the students' knowledge retention so that, in the future, they become competent professionals in the several areas in which Production Engineers are allowed to exercise.

**Keywords:** Production Engineering; ENADE; Item Response Theory; evaluation.

<sup>1</sup> Doutoranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>2</sup> Profa. Dra. na Universidade do Estado de Santa Catarina

<sup>3</sup> Profa. Dra. na Universidade Federal de Santa Catarina

<sup>4</sup> Profa. Me. na Universidade Federal da Fronteira Sul

<sup>5</sup> Prof. Dr. na Universidade Federal de Santa Catarina

## INTRODUÇÃO

O tema Educação vem sendo extensivamente debatido atualmente e isso se deve à sua importância em todos os aspectos que envolvem a sociedade. Conforme Cunha et al. (2010), estudos empíricos indicam que a importância da educação e seus reflexos são maiores em países em desenvolvimento, se confrontados com os países desenvolvidos. A educação é a base de tudo, fazendo parte da tomada de decisões bem como das políticas públicas. Desta forma, a busca de instrumentos para avaliar a qualidade da educação vem sendo uma das questões das organizações governamentais, as quais são responsáveis pelo desenvolvimento, crescimento e viabilidade da educação a toda a sociedade. Nesse sentido, testes de avaliação de conhecimento educacional são empregados como forma de medir o resultado do processo educativo (HANUSHEK, 1979).

Uma forma de avaliar a qualidade da educação superior é por meio do Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE). O ENADE foi estabelecido a partir da Lei No. 10.861, de 14 de abril de 2004, tendo como objetivo ser um instrumento de avaliação do desempenho do aluno, a fim de garantir o cumprimento das Diretrizes Curriculares Nacionais dos respectivos cursos de graduação. O ENADE é um exame obrigatório para os alunos selecionados e condição indispensável para a emissão do histórico escolar. Esse exame está inserido em um sistema maior que é do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), cujo objetivo é avaliar as instituições de educação superior (IES) de todo o Brasil, (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2018).

As avaliações são realizadas visando à busca de ações para melhoria da educação e compreensão de fatores determinantes referentes ao desempenho acadêmico avaliado nas provas. Dentre as técnicas utilizadas para avaliar o conhecimento dos estudantes, utiliza-se a Teoria Clássica dos Testes (TCT). Entretanto, a expansão da utilização e o advento da Teoria da Resposta ao Item (TRI) permitiu uma nova forma de realizar avaliações educacionais. Conforme Andrade et al. (2000),

a TRI é uma metodologia que sugere formas de representar a relação entre a probabilidade de um indivíduo dar uma certa resposta a um item e seus traços latentes. Dada a importância da avaliação educacional, pesquisas que possam estudar a qualidade da avaliação no Ensino Superior são imprescindíveis.

No Brasil, alguns trabalhos abordaram a TRI para avaliação de proficiência com dados do ENADE, sendo que nenhum deles avaliou especificamente a proficiência dos alunos do curso de Engenharia de Produção (EP).

Nogueira (2008) aplicou a TRI para avaliar as questões da prova de formação geral do ENADE de 2004 e 2005, a fim de estimar a proficiência dos estudantes e o ajuste dos itens ao modelo de Rasch.

Primi et al. (2009) aplicaram a TRI a dados do ENADE de Psicologia, de 2006, para determinar os pontos de corte, formando grupos de competências requeridas para a resolução de itens, evidenciando que, de maneira geral, os estudantes concluintes concentram-se na competência mínima. Os autores detectaram itens com funcionamento diferencial – *Differential Item Functioning* (DIF), isto é, itens com problema de equivalência da prova do ENADE de Psicologia, aplicada em 2006, empregando o modelo de Rasch.

Primi, Hutz e Silva (2011) realizaram análise psicométrica e calibração dos parâmetros dos itens empregando os modelos Rasch e de créditos parciais na prova do ENADE de Psicologia de 2006, permitindo uma caracterização das competências e habilidades dos estudantes a fim de comparar o desempenho dos concluintes em relação ao desempenho dos ingressantes.

Por sua vez, Pires (2013) testou um processo de equalização, com o modelo de Rasch, das provas do ENADE de Psicologia de 2006 e de 2009, utilizando um teste âncora, composto de questões das duas provas e outras questões inéditas do ENADE.

Coelho (2014) utilizou três conjuntos de dados, dentre eles respostas do curso de Estatística do ENADE de 2009 para demonstrar a importância de um modelo TRI multidimensional, capaz de levar em consideração uma prova que seja composta e,

consequentemente, respondida por múltiplas habilidades latentes.

Também Coelho, Ribeiro Junior e Bonat (2014) analisaram respostas do ENADE 2009 de Estatística, mostrando a importância dos modelos da TRI em considerar que uma prova seja composta por múltiplas ou uma habilidade dominante e, consequentemente, respondida por elas.

Scher et al. (2014) analisaram a prova do ENADE de 2009 do curso de Administração por meio da TRI, verificando a viabilidade desta metodologia como instrumento de medida de avaliação dos itens do ENADE e seu ganho, em termos de proficiência, entre estudantes ingressantes e concluintes.

Lopes e Vendramini (2015) avaliaram as propriedades psicométricas da prova de Pedagogia do ENADE, aplicada no ano de 2005, com o modelo de Rasch da TRI, demonstrando que os resultados do estudo sugeriram que itens com boas propriedades psicométricas e índices de dificuldade dos itens foram, em média, de dificuldade mediana.

Por fim, Camargo et al. (2016) mensuraram a proficiência dos estudantes do curso de Ciências Contábeis no ENADE utilizando TRI, demonstrando que os itens da prova representaram um alto grau de dificuldade para os estudantes e, em geral, os estudantes apresentaram proficiências muito baixas.

Há poucas contribuições de estudos brasileiros que avaliaram o curso de EP por outros métodos diferentes da TRI. São exemplos: Monaro e Satolo (2014) que avaliaram o curso de EP de uma instituição privada por meio de pesquisa documental, com o objetivo de mensurar o desempenho dos estudantes na prova do ENADE de 2011 quanto ao conteúdo – das disciplinas da matriz curricular – comparado com outras IES similares. Por meio do estudo, foi constatada a necessidade de revisão dos conteúdos curriculares das disciplinas, por meio de planos de ação e de ajustes da matriz curricular. Queiroz et al. (2011) apresentaram uma contribuição para melhoria do desempenho dos alunos do curso de EP da Universidade Federal do Rio Grande do Norte avaliados por meio do

ENADE. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica exploratória descritiva em conjunto com um estudo de caso, evidenciando uma preocupação com o desempenho dos alunos concluintes. Grassano, Lima e Oliveira (2009) investigaram o resultado do ENADE de 2005, apontando a importância da aderência de competências e áreas de atuação de um engenheiro de produção, destacando as IES que obtiveram conceito máximo e o desempenho entre as instituições de acordo com as regiões do país. Oliveira e Costa (2013) avaliaram a evolução do desempenho dos cursos de EP do ENADE comparado com as demais modalidades de Engenharia, destacando que a expansão quantitativa da EP não tem sido acompanhada por um crescimento qualitativo, ao contrário, tem-se verificado uma queda no desempenho da EP no ENADE. O estudo de Wrasse, Pasa e Pissidônio (2014), por sua vez, sugeriu adequações na matriz curricular do curso de EP da Universidade Tecnológica Federal do Paraná a partir de um estudo sobre o desempenho do curso no ENADE 2011, propondo incluir novas disciplinas, que podem contribuir para melhora do desempenho dos acadêmicos e em sua atuação quando egresso.

Sendo assim, este estudo busca colaborar com o ensino de EP no Brasil, por apresentar uma forma alternativa de avaliar o desempenho dos estudantes da área, utilizando a metodologia TRI. Nesse sentido, este artigo objetiva avaliar o desempenho dos estudantes de EP do ENADE de 2014, utilizando a TRI para modelar a probabilidade de acerto dos itens da prova, a partir da dificuldade e capacidade de discriminação dos itens e da probabilidade de acerto casual, levando em consideração a proficiência do estudante.

Visto que essa análise possibilita uma avaliação do conhecimento dominado em cada item da prova, esta iniciativa permite a tomada de ação para intervir na melhoria do processo de ensino-aprendizagem em pontos nos quais forem apresentadas as maiores deficiências no nível de proficiência dos estudantes.

Espera-se que este estudo possa contribuir para a EP, sendo utilizado como meio alternativo para avaliação da situação do ensino superior na área no Brasil, de modo a se

fazer conhecer detalhadamente a proficiência relacionada ao conhecimento que integra os componentes curriculares do curso.

Este artigo está dividido em cinco seções. A próxima seção apresenta o referencial teórico que embasa este estudo. A terceira seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados. Na sequência, a quarta seção apresenta os resultados da aplicação proposta, considerando a estimação dos parâmetros do modelo, a proficiência dos estudantes e a escala construída, conforme classificação da proficiência do estudante. A última seção compreende a conclusão e propostas para continuidade deste estudo.

## REFERENCIAL TEÓRICO

### Cursos de EP no Brasil

De acordo com Oliveira, Barbosa e Chrispim (2005), até a década de 1970, não existiam cursos de graduação de Engenharia de Produção (EP) no Brasil; o que havia eram cursos de graduação que tinham a Produção como habilitação ou ênfase em outra modalidade de Engenharia, como a Mecânica, principalmente. Conforme indica Oliveira, Barbosa e Chrispim (2005), os cursos de graduação de EP surgiram no Brasil no início da década de 1970 (aproximadamente entre 1970 e 1972), na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e na Universidade de São Paulo (USP).

De forma um tanto destoante, Bittencourt, Lorí e Beltrame (2010) apontam que o INEP atribui o início de funcionamento do primeiro curso de EP à UFRJ em 1968. Os autores ressaltam, entretanto, que essa informação não se remete ao primeiro curso de graduação de EP do país. Conforme Leme (1983), o primeiro curso de graduação em EP foi oferecido em 1958 pela Escola Politécnica da USP, como opção do curso de Engenharia Mecânica. Somente em 1967 a Faculdade de Engenharia Industrial de São Bernardo do Campo começou a oferecer o curso de graduação de EP.

Até meados da década de 1990, só existiam cinco cursos de EP do tipo pleno no país, dos quais quatro eram oferecidos em

universidades fluminenses e um em uma universidade paulista (BITTENCOURT; LORÍ; BELTRAME, 2010). A partir de 1998, observou-se o crescimento do número de cursos de graduação de EP no Brasil: em 1997, eram apenas 38 cursos registrados; em 2005, eram 200 cursos (WEISE; TRIERWEILLER, 2010). Ainda de acordo com o INEP (2006), o percentual de cursos de EP, em 1997, em instituições públicas e privadas, era, respectivamente, de 47% e 53%, passando para 71% e 29% em 2005. Já em 2010, conforme Weise e Trierweiller (2010), havia 302 cursos de EP no Brasil.

Conforme Weise e Trierweiller (2010), um dos motivos da expansão de ofertas dos cursos de graduação de EP no país foram os investimentos no sistema de educação, como o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), que tem o objetivo de ampliar as vagas de cursos de graduação no sistema federal de ensino superior brasileiro.

De acordo com os microdados do Censo da Educação Superior de 2016, disponibilizados pelo INEP (2016), o Brasil possui 751 cursos de graduação de EP ativos. A maior concentração de cursos encontra-se na região Sudeste (56%), seguida pelas regiões Sul (19%) e Nordeste (16%). As regiões Centro-Oeste e Norte possuem 5% e 4% dos cursos. As ênfases de maior representatividade são, respectivamente, a Produção Plena e a Produção Mecânica, que juntas correspondem a 98,54% do total de cursos. Em menor percentual, há cursos de Engenharia de Produção Elétrica, Agroindustrial, Qualidade e Química.

### ENADE

O ENADE é uma prova aplicada anualmente aos alunos (ingressantes e concluintes) de cursos de graduação, em áreas definidas pelo Ministério da Educação e é realizado pelo INEP.

O objetivo do ENADE é avaliar o desempenho dos estudantes com relação aos conteúdos programáticos das diretrizes curriculares dos cursos de graduação e o desenvolvimento de competências e

habilidades necessárias à formação geral e profissional. A primeira edição do ENADE para os cursos de Engenharia ocorreu em 2005, apesar de sua primeira edição ter ocorrido em 2004 (BITTENCOURT; LORÍ; BELTRAME, 2010).

Até 2008, a prova foi aplicada em amostras de alunos ingressantes (7% a 22% da carga horária do curso concluída) e concluintes (pelo menos 80% da carga horária do curso concluída). A partir de 2009, o ENADE foi instituído a todos os alunos ingressantes e concluintes para todos os cursos avaliados (BITTENCOURT; LORÍ; BELTRAME, 2010).

### Teoria da Resposta ao Item

Na década de 1950, Lord (1952) desenvolveu os primeiros modelos que utilizavam a TRI. Segundo Andrade, Tavares e Valle (2000), as primeiras aplicações da TRI no Brasil foram em 1995, por meio da pesquisa AVEJU, da Secretaria de Estado da Educação de São Paulo, e continuaram no Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP) e no Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) do INEP. A TRI fornece modelos para os traços latentes e meios de representar a relação entre o desempenho de uma pessoa em um determinado campo de conhecimento e a probabilidade desta em atribuir uma resposta correta a certo item. Conforme Reise, Ainsworth e Haviland (2005), a TRI é um conjunto de modelos matemáticos e estatísticos que são utilizados para analisar itens e escalas, criar e gerenciar medidas psicológicas e medir indivíduos em construtos psicológicos.

De acordo com Andrade, Tavares e Valle (2000), é importante destacar dois pressupostos do modelo da TRI: a unidimensionalidade e a independência local. Para atender à primeira suposição, os itens devem ser homogêneos e mensurar somente um traço latente ou habilidade, deve haver um fator ou traço latente principal que caracterize os itens de determinado instrumento de coleta de dados. Já a independência local pressupõe que, para uma dada habilidade, as respostas aos diferentes

itens da prova são independentes. Embretson e Reise (2000) destacam que a TRI se constitui em um modelo baseado na medição de dois fatores – as respostas dos indivíduos e as propriedades dos itens são responsáveis pela estimativa do traço latente.

Em função das características deste estudo e considerando a natureza dos itens do instrumento, foi utilizado o modelo unidimensional, para um único grupo, considerando itens dicotômicos.

Segundo Andrade, Tavares e Valle (2000), os principais modelos dicotômicos são: modelo logístico unidimensional de 3 parâmetros (ML3), modelo logístico de 2 parâmetros (ML2) e de 1 parâmetro (ML1), que representam, respectivamente, a dificuldade do item, a discriminação e a probabilidade de acerto ao acaso; a dificuldade e a discriminação; e a dificuldade do item. O ML3 pode ser representado de acordo com a Equação 1:

$$P(U_{ij} = 1|\theta_j) = c_i + (1 - c_i) \frac{1}{1 + e^{-a_i(\theta_j - b_i)}} \quad (1)$$

com  $i = 1, 2, 3, \dots, I$ , e  $j = 1, 2, \dots, n$ ,

Onde  $U_{ij}$  : variável dicotômica que assume os valores 1 (um), quando o indivíduo  $j$ , no estudo em questão, responde corretamente o item, ou assume 0 (zero) caso contrário;

$\theta_j$ : representa o traço latente do  $j$ -ésimo indivíduo pesquisado;

$P(U_{ij} = 1|\theta_j)$ : é a probabilidade de um indivíduo  $j$  com desempenho  $\theta_j$  acertar o item  $i$ ; é denominada de Função de Resposta do Item – FRI;

$a_i$  : representa o parâmetro de discriminação do item  $i$ , cujo valor do parâmetro é proporcional à inclinação da Curva Característica do Item (CCI) no ponto  $b_i$ ;

$b_i$ : representa o parâmetro de dificuldade do item  $i$ , cuja medição ocorre na mesma escala de desempenho construída;

$c_i$ : representa a probabilidade de acerto ao acaso, ou seja, representa a probabilidade de pessoas com baixo desempenho acertarem a resposta do item.

## METODOLOGIA

Os dados utilizados para análise são informações públicas e estão disponíveis no portal do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2018a). Os dados correspondem às respostas do ENADE do ano de 2014 dos estudantes concluintes do curso de EP.

Na edição de 2014 do ENADE, a área de EP contou com a participação de estudantes de 329 cursos, destacando-se a predominância das IES privadas, que concentraram 249 dos 329 cursos de EP, número correspondente a 75,7% dos cursos avaliados. O Sudeste do Brasil foi a região de maior representação, com 205 cursos, ou 62,3% do total nacional. As regiões Sul e Nordeste tiveram representações, respectivamente, de 16,1% e de 13,7% do total de cursos. A região de menor concentração foi a Norte, com 11 cursos ou 3,3% do total, seguida pela região Centro-Oeste com 15 cursos (4,6%) (INEP, 2018b).

A amostra é composta por 15.082 estudantes, que em sua maior parte (68,8%) são do sexo masculino.

O caderno de provas do ENADE 2014 é composto por duas partes: a primeira é a de Formação Geral (FG), dividida em itens discursivos e objetivos; a segunda, de Componente Específico (CE), também é composta por itens discursivos e objetivos; além de questões relativas à percepção do aluno quanto à prova. Os itens da prova estão distribuídos de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1 – Itens das provas do ENADE/2014 da área EP. Fonte: Prova ENADE/2014.**

Partes	Itens	Peso dos Itens
FG (Discursivas)	D1 e D2	40%
FG (Objetivas)	1 a 8	60%
CE (Discursivas)	D3 a D5	15%
CE (Objetivas)		85%
- Básico	9 a 18	
- Profissionalizante	19 a 35	
Percepção da Prova	1 a 9	-

Fonte: elaborada pelos autores.

Nos itens de FG, as 8 (oito) questões objetivas de múltipla escolha e as 2 (duas)

discursivas tiveram pesos, respectivamente, iguais a 60% e 40%. As discursivas de FG foram corrigidas levando-se em consideração o conteúdo – com peso igual a 80%, e aspectos referentes à Língua Portuguesa (ortográficos, textuais, morfofossintáticos e vocabulares) – com peso igual a 20%. No CE da área de EP, as 27 (vinte e sete) questões objetivas de múltipla escolha e as 3 (três) discursivas tiveram pesos iguais a, respectivamente, 85% e 15%. As notas de FG e de CE foram então arredondadas à primeira casa decimal. Para a obtenção da nota final do estudante, as notas dos dois componentes foram ponderadas por pesos proporcionais ao número de questões: 25,0% para o Componente de FG e 75,0% para o Componente de CE (INEP, 2018b).

Os itens utilizados nas análises nesta pesquisa foram as questões objetivas de FG e CE, com exceção do item 26 do conteúdo profissionalizante, que foi anulado da avaliação, ou seja, foram analisados trinta e quatro itens.

Neste estudo, as análises foram realizadas com o *software* R (R Core Team, 2018), utilizando-se os pacotes mirt (CHALMERS, 2012), ltm (RIZOPOULOS, 2006) e irtoys (PARTCHEV, 2010).

Inicialmente os microdados coletados foram dicotomizados, ou seja, como as respostas dos microdados disponibilizados pelo INEP são apresentadas na forma de alternativas A, B, C, D ou E, estas foram comparadas ao gabarito. Assim, as respostas corretas receberam o valor um e as respostas erradas foram substituídas por zero. Dessa forma, as respostas foram analisadas pelo modelo logístico de três parâmetros (ML3P) já detalhado em seção anterior deste artigo.

Conforme já mencionado, a amostra é composta por 15.082 alunos que compareceram à prova. Alunos que entregaram a prova em branco (12 registros), alunos que deixaram respostas em branco (337 registros) e que assinalaram múltiplas respostas para o item (329 alunos) foram eliminados das análises. Assim, a amostra final contém 14.404 respondentes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram eliminados cinco dos 34 itens analisados, que apresentaram coeficientes de correlação bisserial muito baixos. Os itens eliminados eram do CE, compreendendo tanto itens do conteúdo básico, como i10 e i12, quanto do conteúdo profissionalizante, como i27, i34 e i35. Esses itens foram eliminados pois os valores de correlação bisserial apresentados impossibilitavam a convergência na estimação do modelo, ou seja, não permitiam a realização da calibração de parâmetros da TRI.

Valores baixos de correlação bisserial indicam que o item não apresenta boa correlação com o escore bruto produzido pelo conjunto das variáveis. Desse modo, não apresenta boa discriminação para o índice que deseja produzir. Assim, respondentes com alta ou baixa proficiência possuem probabilidades próximas de acertar o item e, portanto, não auxiliam na estimação e diferenciação do desempenho dos estudantes.

A Tabela 2 apresenta a estimativa dos parâmetros de discriminação ( $a_i$ ), dificuldade ( $b_i$ ) e acerto casual ( $c_i$ ) dos itens avaliados, com seus respectivos erros-padrão (EP). Observa-se, na Tabela 2, que os itens com maior grau de dificuldade para os estudantes avaliados foram: 5, 15, 22 e 24. O item 5 é de conhecimento geral, exige habilidades de leitura e interpretação de texto e aborda um tema complexo, que envolve os custos e o contexto social de uma inovação tecnológica. O item 15 é de programação e para resolvê-lo são exigidas habilidades como raciocínio lógico e competências relacionadas à solução de problemas e a abstração da resolução destes em uma representação formal, ou seja, reconhecer o que faz um programa (JESUS; BRITO, 2010).

O item 22 aborda logística reversa e uma de suas atividades básicas, o fluxo de materiais. Já o item 24 versa sobre *Theory of Constraints* (TOC) e exige a identificação do recurso gargalo que restringe o atendimento da demanda para focar na maximização do lucro sem exceder a capacidade produtiva.

Tabela 2 – Estimativa dos parâmetros dos itens.

Item	a	EP	b	EP	c	EP
1	0,534	0,054	0,367	0,289	0,200	0,058
2	0,408	0,069	1,888	0,350	0,222	0,060
3	1,315	0,055	-0,490	0,071	0,252	0,028
4	1,044	0,046	-1,683	0,156	0,207	0,065
5	0,734	0,100	2,495	0,124	0,273	0,020
6	0,569	0,032	-0,401	0,184	0,108	0,043
7	0,930	0,048	-0,092	0,099	0,170	0,032
8	0,569	0,028	-2,491	0,257	0,151	0,066
9	1,400	0,077	1,464	0,035	0,197	0,009
11	1,156	0,049	0,192	0,053	0,148	0,020
13	1,062	0,039	-0,283	0,063	0,095	0,024
14	1,188	0,069	1,360	0,041	0,210	0,012
15	1,152	0,130	2,999	0,148	0,143	0,007
16	1,439	0,117	2,010	0,057	0,293	0,008
17	1,129	0,041	-0,435	0,064	0,110	0,026
18	0,911	0,041	-1,863	0,183	0,192	0,070
19	1,506	0,050	-0,051	0,036	0,144	0,016
20	0,969	0,067	1,810	0,054	0,141	0,012
21	1,159	0,053	-0,299	0,079	0,231	0,028
22	0,652	0,123	3,601	0,301	0,222	0,018
23	0,937	0,067	1,725	0,056	0,161	0,014
24	2,120	0,144	2,380	0,052	0,081	0,003
25	1,145	0,039	-0,178	0,049	0,075	0,020
28	1,023	0,039	-0,966	0,096	0,123	0,038
29	0,906	0,064	1,567	0,056	0,165	0,016
30	1,043	0,069	1,274	0,053	0,242	0,015
31	1,425	0,079	1,578	0,036	0,187	0,008
32	0,828	0,032	0,275	0,060	0,052	0,019
33	0,686	0,045	0,816	0,103	0,098	0,028

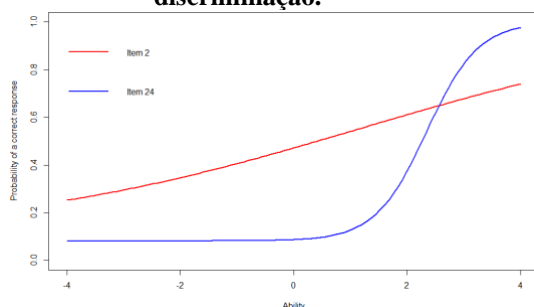
Fonte: elaborada pelos autores.

Por outro lado, os mais fáceis foram: 4, 8, 18 e 28. Os itens 4 e 8 são de conhecimentos gerais e abrangem temas comuns na mídia, urbanização e redes sociais, respectivamente. O conteúdo necessário para responder o item 18 é o de princípios de ciência dos materiais e mecânica dos materiais. O item 28 aborda conceitos de inovação, mas em um aspecto mais generalista.

De forma complementar à Tabela 2, a discriminação dos itens também pode ser verificada na Figura 1, que apresenta as Curvas Características dos Itens (CCI) 2 e 24, que possuem a menor e maior discriminação, respectivamente. A CCI informa as diferentes probabilidades de acerto que os respondentes com valores diferentes de variáveis latentes ( $\theta$ ) apresentam. O valor da proficiência  $\theta$  varia de  $-\infty$  a  $+\infty$  e, por sua vez, o valor de

$P(\theta)$  varia de 0 a 1. A CCI pode informar ainda os parâmetros dos itens, de acordo com o modelo utilizado, a capacidade de discriminação do item, sua dificuldade e a probabilidade de acerto ao acaso (PASQUALI, 1996). A forma da CCI ilustra os parâmetros dos itens nela representados. Se forem observadas, no eixo das abscissas, CCIs que se apresentam da esquerda para a direita em um *continuum*, maior o valor do parâmetro de dificuldade do item  $b$  conforme se deslocam para a direita. Quanto mais inclinadas as CCIs estiverem em relação ao eixo das abscissas de modo a formarem um ângulo reto, maior o valor de  $a$ , mais discriminativo é o item. Itens com maior poder de discriminação têm suas curvas mais íngremes e acentuadas. Já os itens que apresentam as CCIs mais próximas de retas possuem menor discriminação.

**Figura 1 – CCI dos itens com maior e menor discriminação.**



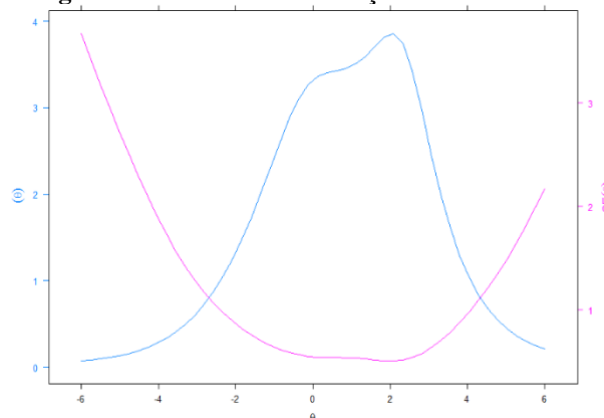
Fonte: acervo dos autores.

O valor do parâmetro  $b$  é dado pelo ponto, na reta, perpendicular ao eixo das abscissas e representa o valor de  $\theta$  quando a probabilidade do respondente acertar o item é de 50%, (quando  $c = 0$ ).

O parâmetro  $c$  é expresso na Figura 1 pela assíntota inferior da curva. Se essa assíntota cortar o eixo das ordenadas acima do ponto 0, há presença de acertos ao acaso, como é o caso dos dois itens da Figura 1. Os itens 5 e 16 são os que têm maior probabilidade de acerto ao acaso.

Na Figura 2 está a Curva de Informação do Teste que é formada pelo somatório da informação de todos os itens que a compõem.

**Figura 2 – Curva de Informação do Teste.**



Fonte: acervo dos autores.

Por meio da Figura 2, verifica-se que a informação se encontra distribuída em todo o intervalo, porém com maior concentração de informação entre -1 e 3. Isso representa que a prova ENADE de 2014, aplicada aos alunos de EP, possibilita boa estimação da proficiência dos respondentes em uma ampla faixa da escala.

Para a análise da proficiência dos alunos no ENADE/2014, foi construída uma escala para avaliação dos níveis de desempenho (proficiência). Adotou-se a escala (0,1) para avaliar o desempenho dos estudantes de EP do ENADE/2014. A função da escala de proficiência é buscar uma interpretação qualitativa dos valores encontrados pelo modelo, ou seja, atribuir um significado prático aos valores obtidos.

Todos os itens que compõem o instrumento de avaliação são ordenados na mesma escala de medida da proficiência  $b$ . Também são determinadas as posições dos níveis âncoras que auxiliam nas interpretações e acerca do desempenho no ENADE.

Os níveis âncora são os pontos da escala a serem interpretados pedagogicamente e são caracterizados por um conjunto de itens âncoras, que apresentam determinadas propriedades matemáticas relacionadas às características do item, tais como índice de discriminação e de dificuldade (ANDRADE et al., 2000).



Foram considerados como itens âncora aqueles que atenderam simultaneamente às três condições abaixo e como “tipo âncora” aqueles que atenderam a pelo menos duas das condições a seguir (ANDRADE et al., 2000):

$$P(U = 1 | \theta = Z) \geq 0,65;$$

$$P(U = 1 | \theta = Y) < 0,50; e$$

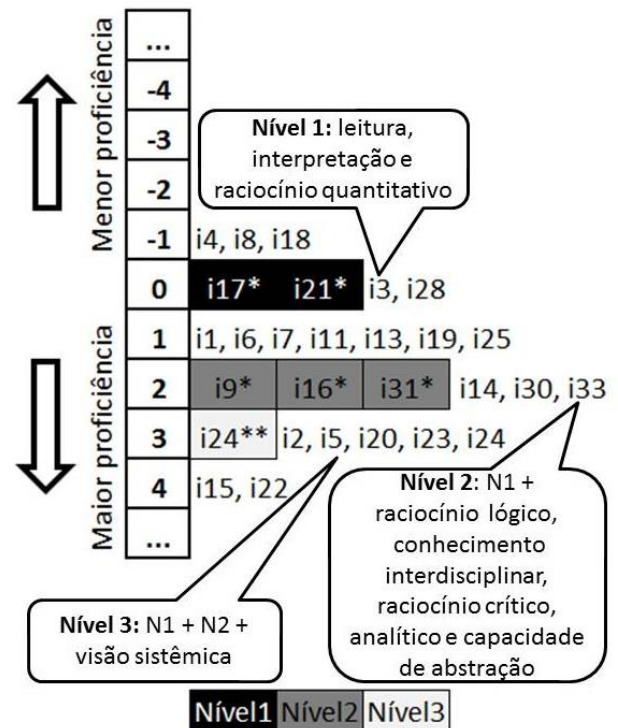
$$P(U = 1 | \theta = Z) - P(U = 1 | \theta = Y) > 0,30.$$

Assim, um item “âncora” é aquele que é respondido corretamente pela maior parte dos respondentes (65%) com a proficiência indicada no nível da escala e por uma proporção menor de respondentes, ou seja, no máximo 50% daqueles que possuem um nível de proficiência inferior. Também deve existir uma diferença de 30% entre respondentes com diferentes níveis de habilidade que acertaram o item.

Os itens do instrumento definidos como “âncora” e “tipo âncora” foram analisados com relação ao perfil profissional esperado para resolução do item, às competências e habilidades exigidas e aos objetos de conhecimento, estabelecidos pelo INEP na Matriz de Avaliação da Prova ENADE/2014 de EP. Participaram da análise da construção e interpretação da escala especialistas na área de EP: um engenheiro de produção, dois mestres em EP e dois doutores em EP.

Foram identificados quatro níveis de proficiência para o instrumento em análise. Os itens que representam esses níveis estão na Figura 3. No nível 1, são explorados aspectos como interpretação de texto e de gráficos que permitem solucionar problemas de baixa complexidade. No nível 2, as habilidades são voltadas para aspectos regulatórios das atividades produtivas, além de agregar aspectos estatísticos e lógicos para solução de problemas com raciocínio quantitativo. No nível 3, o aluno tem a capacidade de desenvolver uma visão global, com competência para entender, aplicar e desenvolver métodos e ferramentas para melhorar o desempenho ao longo de toda a cadeia produtiva de produtos e serviços de uma organização, ou seja, possui visão sistêmica.

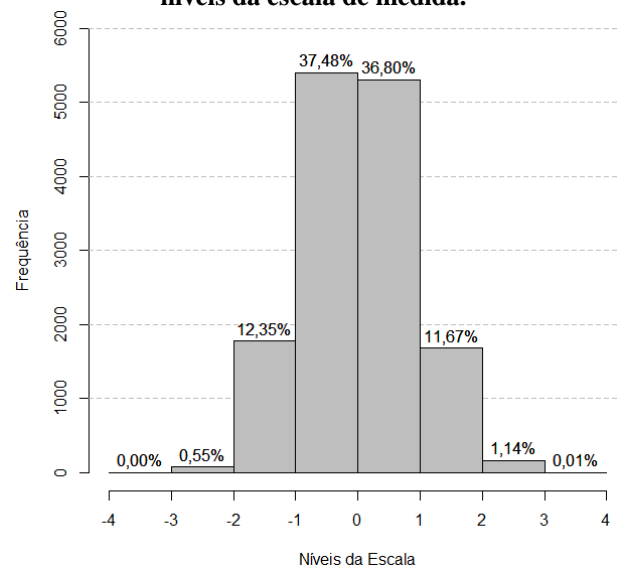
Figura 3 – Escala de proficiência da prova ENADE/2014 de EP.



Fonte: acervo dos autores.  
 Legenda: \*Item tipo âncora; \*\*Item âncora.

A Figura 4 apresenta a distribuição dos alunos nos níveis da escala.

Figura 4 – Histograma dos alunos nos respectivos níveis da escala de medida.



Fonte: acervo dos autores.

Nota-se que a maioria dos respondentes (aproximadamente 74,28%) está concentrada no intervalo de -1 a 1, ou seja, 37,48% dos estudantes encontram-se entre o níveis -1 e 0 e

36,80% situam-se entre os níveis 0 e 1, indicando que há bastante estudantes abaixo do nível 1.

A Tabela 3 apresenta a descrição dos níveis da escala.

**Tabela 3 – Níveis da escala.**

N	Item	Descrição dos níveis
1	17	Requer habilidade na interpretação de gráficos.
	21	Demanda conhecimento de precisão e exatidão.
2	9	Exige capacidade de abstração e conhecimento interdisciplinar, envolvendo conteúdos de estatística e física.
	16	Requer conhecimentos básicos de emissão de poluentes, energia renovável e elementos fundamentais de matemática financeira, análise de investimentos e engenharia econômica. Requer raciocínio multidisciplinar.
	29	Exige conhecimento sobre <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA), para aumentar a confiabilidade de um produto na fase de projeto ou processo.
	31	Demanda análise de viabilidade econômica para a tomada de decisões.
3	24	Requer conhecimento de TOC que engloba administração de estoques e recursos, atendimento da demanda e identificação de gargalos com foco na maximização do lucro.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: N = Nível.

Se a maioria dos graduandos em EP apresenta proficiência até 1, isso significa que sabem apenas o mínimo necessário. De maneira geral, o conhecimento exigido no nível 1 da escala pode ser solucionado por estudantes que tenham concluído o ensino médio. Dessa forma, a maioria dos estudantes que realizaram a prova do ENADE/2014 de EP não possuem habilidades específicas voltadas para a solução de problemas complexos e não têm capacidade para projetar, desenvolver e analisar processos

e produtos que exijam visão holística e que consideram aspectos econômicos e financeiros.

## CONCLUSÕES

A avaliação educacional tem colaborado para pesquisa da qualidade do ensino no Brasil. Sendo assim, a TRI se apresenta como uma técnica capaz para esse tipo de avaliação, uma vez que considera a habilidade dos indivíduos em suas respostas a cada item.

Neste trabalho, a TRI foi utilizada como ferramenta para avaliar o desempenho dos estudantes de EP do ENADE de 2014. Foi aplicado o modelo unidimensional, para um único grupo, considerando itens dicotômicos.

Diante da constatação de baixa proficiência dos estudantes de EP, fica o desafio de atentar ao que fazer para melhorar o processo de ensino e aprendizagem em EP.

Acredita-se que essas formas de se adquirir conhecimento nas universidades, de forma prática e objetiva – utilizando, por exemplo, jogos educacionais e simulações em sala de aula, visitas técnicas – são métodos que podem estimular o interesse dos estudantes e produzir um aprendizado mais participativo, além de melhor fixar os conteúdos.

Essa iniciativa pode, de certa forma, garantir que no futuro se formem profissionais competentes nos diversos setores em que um Engenheiro de Produção pode atuar.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. **Teoria da Resposta ao Item**: conceitos e aplicações. São Paulo: Associação Brasileira de Estatística (ABE), 2000.
- BITTENCOURT, H. R.; VIALI, L.; BELTRAME, E. A Engenharia de Produção no Brasil: um panorama dos cursos de graduação e pós-graduação. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 29, n. 1, p. 11-19, 2010.
- CAMARGO, R.V.W.; CAMARGO, R. de C. C.P.; ANDRADE, D. F. de. BORNIA, A. C. Desempenho dos alunos de Ciências Contábeis na prova Enade/2012: Uma Aplicação da Teoria da Resposta ao Item. **REPeC**, Brasília, v. 10, n. 3, p. 332-355, jul./set. 2016.

- CHALMERS, R. P. Mirt: A Multidimensional Item Response Theory Package for the R Environment. **Journal of Statistical Software**, v. 48, n. 6, 2012.
- COELHO, E. C. **Teoria da Resposta ao Item - desafios e perspectivas em exames multidisciplinares**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- COELHO, E. C.; RIBEIRO JUNIOR, P. J.; BONAT, W. H. Exame nacional de desenvolvimento de estudantes de estatística-desafios e perspectivas pela TRI. **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 3, n 2, p. 323-337, 2014.
- CUNHA, J.V. A.; CORNACHIONE JUNIOR, E. B.; MARTINS, G. A. Doutores em Ciências Contábeis: Análise sob a Óptica da Teoria do Capital Humano. **RAC**, v. 14, n. 3, p. 532-557, 2010.
- EMBRETSON, S. E.; REISE, S. P. **Item Response Theory for Psychologists**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
- GRASSANO, D. R.; LIMA, L.F.; OLIVEIRA, V. F. de. Um Estudo das Competências Trabalhadas no ENADE 2005 nos Cursos de Engenharia de Produção In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 24, 2009. Salvador. **Anais...** Salvador, 2009.
- HANUSHEK, E. A. Conceptual and Empirical Issues in the Estimation of Educational Production Functions. **Journal of Human Resources**, v. 14, n. 3, p. 351-388, 1979.
- INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Microdados para download**. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/basicalevantamentos-acessar>. Acesso em: 03 jan. 2018a.
- INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **ENADE**. Versão 07/04/2016-Relatório de Área - Engenharia de Produção. Disponível em: [http://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/enade/relatorio\\_sintese/2014/2014\\_rel\\_engenharia\\_de\\_producao.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/relatorio_sintese/2014/2014_rel_engenharia_de_producao.pdf). Acesso em: 10 jan. 2018b.
- INEP - INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Microdados**. Censo da Educação Superior 2016. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/microdados> Acesso em: 04 abr. 2018c.
- JESUS, A.; BRITO, G. S. Concepção de ensino-aprendizagem de algoritmos e programação de computadores: A prática docente. **Varia Scientia**. 16, v. 9, 2010.
- LEME, R. A. S. A história da engenharia de produção no Brasil. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 3, 1983. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1983.
- LOPES, F. L.; VENDRAMINI, C. M. M. Propriedades Psicométricas das Provas de Pedagogia do ENADE via TRI. **Avaliação**, v. 20, n. 1, p. 27-47, 2015.
- LORD, F. M. A Theory of Test Scores. **Psychometric Monograph**, v. 7, 1952.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **ENADE**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/enade>. Acesso em: 04 abr. 2018.
- MONARO, R. L. G.; SATOLO, E. G. Plano de Melhorias para um Curso de Engenharia de Produção Baseado no Desempenho dos Estudantes da Avaliação ENADE. In: COBENGE, 2014, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 2014.
- NOGUEIRA, S. O. ENADE: **Análise de itens de formação geral e de Estatística pela TRI**. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) - Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.
- OLIVEIRA, V.; F.; BARBOSA, C. S.; CHRISPIM, E. M. Cursos de Engenharia de Produção no Brasil: Crescimento e Projeções. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25, 2005. Porto Alegre, **Anais...** Porto Alegre, 2005.
- OLIVEIRA, V. F. O.; COSTA, M. V. O. Evolução do desempenho da Engenharia de Produção no ENADE. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 33, 2013. Salvador, **Anais...** Salvador, 2013.
- PARTCHEV, I. **Package irtoys: Simple interface to the estimation and plotting of IRT models**, 2010. CRAN. R project, Disponível em <http://cran.rproject.org/web/packages/irtoys/irtoys.pdf>. Acesso em: 03 out. 2017.
- PASQUALI, L. **Teoria e métodos de medida em ciência do comportamento**. Brasília: INEP, 1996. Disponível em: [https://www.faecpr.edu.br/site/documentos/teoria\\_metodos\\_ciencias\\_comportamento.pdf](https://www.faecpr.edu.br/site/documentos/teoria_metodos_ciencias_comportamento.pdf). Acesso em: 08 abr. 2018.
- PIRES, S. D. **Proposta de um modelo de equalização das provas do ENADE de diferentes aplicações usando teste de ancoragem**. 2013. Tese (Doutorado em Psicologia) - Programa de Pós-

Graduação em Psicologia, Universidade São Francisco, Itatiba, 2013.

PRIMI, R.; CARVALHO, L. F.; MIGUEL, F. K.; SILVA, M. C. R. Análise do Funcionamento Diferencial dos Itens do Exame Nacional do Estudante (ENADE) de Psicologia de 2006. **Psico-USF**, v. 15, n. 3, p. 379-393, set./dez. 2010.

PRIMI, R.; HUTZ, C. S.; SILVA, M. C. R. A prova do ENADE de Psicologia 2006: concepção, construção e análise psicométrica da prova. **Avaliação Psicológica**, v. 10, n. 3, p. 271-294, 2011.

PRIMI, R., NUNES, C. H. S. S., SILVA, M. C. R., CARVALHO, L. F., MIGUEL, F. K.; VENDRAMINI, C. M. M. Aplicação da Teoria de Resposta ao Item na Interpretação das Notas do ENADE de Psicologia. **Educação AEC**, 38, 115-124, 2009.

QUEIROZ, F. C. B.; HEKIS, H. R.; QUEIROZ, J. V.; CÂMARA, H. E. O ENADE como Instrumento Gerencial: Uma Avaliação do Curso de Engenharia de Produção da UFRN. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 39, 2011. Blumenau-SC, **Anais...** 2011.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 05 jan. 2018.

REISE, S.; AINSWORTH, A.T.; HAVILAND, M. G. Item Response Theory: fundamentals, applications, and promise in psychological research. **American Psychological Society**, v. 14, n. 2, 2005.

RIZOPOULOS, D. ltm: An r package for latent variable modelling and item response theory analyses. **Journal of Statistical Software**, v. 17, n. 5, p. 1-25, 2006.

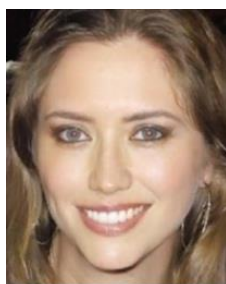
SCHER, V.T.; JUNIOR, F. J. M.; CORREA, A. C.; JUNIOR, V.F.S.; ANDRADE, D. F.; BORTOLOTTI, S. L.V. Uma Aplicação da Teoria da Resposta ao Item na Avaliação do Enade do Curso de Administração. XIV Colóquio Internacional de Gestão Universitária CIGU. Florianópolis, 2014. **Anais...** Florianópolis, 2014.

WEISE, A.; TRIERWEILLER, A. C. Comparação do ensino de Engenharia de Produção no Brasil e na Alemanha. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 29, n. 1, p. 29-39, 2010.

WRASSE, C. L.; PASA, C. C. M. U.; PISSIDÔNIO, R. Matriz curricular do curso de Engenharia de Produção e sua influência no desempenho do ENADE 2011. XIV Colóquio Internacional de Gestão Universitária. **Anais...** Florianópolis, 2014.

---

## DADOS DOS AUTORES



**Olga Maria Formigoni Carvalho Walter** – Engenheira de Produção pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) (2007). Mestre em Engenharia de Produção (2012) e doutoranda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Atuou no Planejamento e Controle da Produção e como professora colaboradora. Pesquisadora na área de *Lean Six Sigma* e Métodos Estatísticos para Qualidade.



**Elisa Henning** – Engenheira Civil pela UDESC (1992), mestrado em Matemática, Estatística e Computação pela UAb (2014), mestrado em Engenharia Ambiental (1998) e doutorado em Engenharia de Produção (2010), ambos pela UFSC. Atualmente é professora associada da UDESC. Desenvolve pesquisa na área de Educação Estatística, Previsão e Controle Estatístico de Processos.



**Andréa Cristina Konrath** – Possui graduação em Matemática Aplicada e Computacional pela Universidade de Santa Cruz do Sul (2000), mestrado em Engenharia de Produção (2002) e doutorado em Engenharia Mecânica (2008), ambos pela UFSC. Foi docente na Universidade do Vale do Itajaí (2007-2009), na Universidade Federal do Rio Grande, (2009-2011). Atualmente é professora associada da UFSC. Desenvolve pesquisas nos seguintes temas: Controle Estatístico de Processo, Métodos Estatísticos, Previsão, Simulação e Metrologia.



**Joseane de Menezes Sternadt** – Engenheira Eletricista (1989) e mestre em Engenharia de Produção (1997), ambos pela UFSC. Atualmente é professora da Universidade Federal da Fronteira Sul. Tem experiência nas áreas de Probabilidade e Estatística e de Engenharia Econômica. No Ensino, atuou nas modalidades: presencial, semipresencial e à distância; como professora, web-tutora e conteudista. Trabalhou continuamente em projetos e programas de extensão de 2001 a 2010. Na Pesquisa, desenvolveu diversos projetos desde 2001.



**Antonio Cezar Borna** – Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal do Paraná (1985), mestrado em Engenharia de Produção (1988) e doutorado em Engenharia de Produção (1995), ambos pela UFSC. Atualmente é professor titular da UFSC. Desenvolve pesquisas atuando principalmente nos seguintes temas: Análise de Custos e Teoria da Resposta ao Item.