

APLICAÇÃO DO MODELO DE ESCALA GRADUAL EM SISTEMA DE DESEMPENHO E BENCHMARKING DE BOAS PRÁTICAS

MARCOS RONALDO ALBERTIN - albertin@ufc.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

KAYLE MARREIRO BARROSO - kaylemarreiro@hotmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

HERÁCLITO LOPES JAGUARIBE PONTES - hjaguaribe@ufc.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

MARCOS CHARLES PINHEIRO BALTAZAR - mcharlespinheiro@gmail.com
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

Resumo: *ESTE ARTIGO OBJETIVA DESCREVER E DISCUTIR A APLICAÇÃO DO MODELO DE ESCALA GRADUAL (MGR) DA TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM (TRI) USANDO UMA ESCALA LIKERT APLICADA A UM SISTEMA DE DESEMPENHO E BENCHMARKING DE BOAS PRÁTICAS. O ESTUDO FOI APLICADO EM UM BANCO DE DADOS COM 176 EMPRESAS AGRUPADAS EM 18 SETORES PRODUTIVOS QUE RESPONDERAM UM QUESTIONÁRIO CONTENDO 46 CONSTRUTOS. O MODELO UTILIZADO MOSTROU-SE UMA FERRAMENTA PODEROSA NA ANÁLISE DOS CONSTRUTOS. A ANÁLISE DAS CURVAS DE CARACTERÍSTICAS DOS ITENS E ESTIMAÇÃO DE SEUS PARÂMETROS INDICAM AS PRÁTICAS COM MAIORES DIFICULDADES DE APLICAÇÃO E AQUELAS QUE MAIS DISCRIMINAM A MATURIDADE DAS EMPRESA.*

Palavras-chaves: *TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM; MODELO DE RESPOSTA GRADUAL; CONSTRUTOS; GESTÃO DA QUALIDADE; SISTEMA DE MEDIÇÃO.*

Área: 2 - GESTÃO DA QUALIDADE

Sub-Área: 2.1 - CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE

APPLICATION OF THE RATING SCALE MODEL IN FIELD OF BEST PRACTICE AND BENCHMARKING

Abstract: *THE AIM OF THIS PAPER IS TO DESCRIBE AND TO DISCUSS THE APPLICATION OF THE RATING SCALE MODEL OF ITEM RESPONSE THEORY USING A LIKERT SCALE APPLIED TO A PERFORMANCE SYSTEM AND BENCHMARKING OF GOOD PRACTICES AS WELL. THIS STUDY WAS APPLIED INN A DATA BANK OF 176 COMPANIES GROUPED IN 18 PRODUCTIVE SECTORS WHERE A 46 CONSTRUCTS SURVEY WAS CONDUCTED. THE RESULTS OF THIS STUDY REVEAL THAT THE MODEL PROPOSED IS A POWERFUL TOOL IN THE ANALYSES OF THE CONSTRUCTS. THE ANALYSES OF THE ITEMS CHARACTERISTIC CURVE AND THEIR PARAMETERS SHOW THE PRACTICES WITH MAJOR DIFFICULTIES IN THE APPLICATION AS WELL AS THE ONES WHICH MOST DISCRIMINATE THE MATURITY OF THE COMPANY.*

Keyword: *ITEM RESPONSE THEORY; RATING SCALE MODEL; CONSTRUCTS; TQM; MEASUREMENT SYSTEMS.*

1. Introdução

A Teoria da Resposta ao Item (TRI) surgiu através de trabalhos de Lord (1952) e Rasch (1993), propondo modelos estatísticos paramétricos unidimensionais para itens de testes que associavam a probabilidade de responder corretamente uma determinada questão a uma variável latente chamada de habilidade dos respondentes (BAKER, 1993 e SOARES, 2005). Esta teoria tem sido desenvolvida continuamente através de novas funções logísticas proporcionando versatilidade e novas aplicações (SOARES, 2005). Como exemplo, citam-se os modelos multidimensionais (escalas com mais de uma variável latente) e politônicos (respostas com várias categorias).

A TRI teve a sua primeira aplicação no Brasil, em 1995, na área educacional (ANDRADE *et al.*, 1995). Deste então tem sido usada em diversas áreas do conhecimento como, Psiquiatria, Psicologia, Administração e Engenharia. Na Engenharia de Produção destacam-se estudos de TRI em Serviços (Costa, 2001), Gestão da Qualidade Total (Alexandre *et al.*, 2001, 2002a, 2002b; Bosi, 2010; Oliveira, 2010), Qualidade de Vida (Guewer, 2007); Avaliação de Intangíveis nas Organizações (Vargas *et al.*, 2008); Usabilidade de Sites Comerciais (Tezza, 2009); Comportamento Organizacional (Bortolotti, 2010); Risco de Crédito (Mafrá, 2010); Satisfação de Clientes (Balbim Junior *et al.*, 2011), Gestão Ambiental (Trierweiler *et al.*, 2012), entre muito outros.

Segundo Andrade *et al.* (2000) e Reise *et al.* (2005), a TRI é formada por modelos matemáticos e estatísticos que são utilizados para a geração e análise de itens e escalas, medição de respondentes (ex. indivíduos ou organizações) em uma escala latente de interesse (ex. desempenho, maturidade, habilidade, satisfação) que não são observados diretamente. Para determinar como um traço latente se processa em um indivíduo, em uma empresa, a TRI gera uma escala. A escala é formada através de itens elaborados e agrupados em construtos. Desta maneira a TRI coloca numa única escala a possibilidade de avaliar e comparar respondentes e itens. Neste trabalho são comparados numa mesma escala 46 itens correspondentes às boas práticas de gestão e empresas agrupadas em setores.

A relação probabilística entre escala de maturidade e item é expressa de tal forma que quanto maior a maturidade da empresa maior será a probabilidade (P) de usar determinada prática empresarial. Assim, é possível tecer conclusões a partir de cada item que compõe um construto, aplicado na forma de questionário.

O presente estudo objetiva aplicar a Teoria de Resposta ao Item, em particular o Modelo de Escala Gradual, na análise de uma amostra do banco de dados do construto Sistema de Benchmarking e Monitoramento de Arranjos Produtivos (SIMAP), desenvolvido para medir as boas práticas de gestão empresarial. Foram analisados o grau de maturidade de 176 empresas cearenses baseado em 46 itens relacionados a práticas de gestão. É proposto, com tal estudo, avaliar a consistência do construto, estimar os parâmetros do modelo abordado, apresentar uma escala da maturidade destas empresas, identificar os itens que mais discriminam e interpretar a curva característica de cada item analisado.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Maturidade Empresarial

A maturidade empresarial relaciona-se com o estado no qual a empresa está em condições para alcançar seus objetivos (ANDERSEN; JESSEN, 2003 apud OLIVEIRA,

2010). Segundo Camp (1998) a maturidade é alcançada através da incorporação integrada das melhores práticas do mercado nos processos da empresa, assegurando a sua liderança no mercado. O mesmo autor afirma que a procura de melhores práticas da indústria conduzem ao desempenho superior e que deve ser incentivada a visão externa para garantir a correção da definição de objetivos e desenvolver ações internas necessárias para alcançar desempenho superior.

2.3 Teoria de Resposta ao Item

Segundo Andrade *et al.* (2000) a TRI representa a probabilidade de um indivíduo dar ao item uma resposta como função dos parâmetros do item e da maturidade do respondente.

Fletcher (1994) afirma que na TRI, o procedimento de medida utilizado parte da suposição de que existe no respondente um traço latente, ou seja, uma característica individual determinante de como responder aos itens de um construto. Esse traço possui uma relação probabilística com cada um dos itens utilizados.

A TRI tem desenvolvido vários modelos com aplicações específicas. Há três tipos de modelos, dependendo do número de parâmetros utilizados para descrever o item, que consideram as seguintes características: somente a dificuldade do item (1 parâmetro); a dificuldade e a discriminação do item (2 parâmetros); a dificuldade, a discriminação e a probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade (3 parâmetros).

2.3.1 Modelo de Escala Gradual

O Modelo Politômico de Escala Gradual (*Rating Scale Model*) foi desenvolvido por Andrich (1978), e considera que as respostas do item são categorizadas, ordenadas e igualmente espaçadas entre si. Neste caso modelo apresenta a seguinte forma,

$$P_{i,k}(\theta_j) = \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_i + d_k)}} - \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_i + d_{k+1})}}$$

Sendo: $i = 1, 2, 3, \dots, p$ (nº de itens que medem as práticas de excelência); $j = 1, 2, 3, \dots, n$ (tamanho da amostra = nº de empresas pesquisadas); $k_i = 0, 1, 2, \dots, m_i$ representando as $m_i + 1$ categorias de respostas do i -ésimo item; a_i é o parâmetro de discriminação do item i ; b_{iki} é o parâmetro que representa a dificuldade de estar na k_i -ésima categoria do item i “prática”, medido na mesma escala da maturidade; $P_{i,k}^+$ é a probabilidade do indivíduo j escolher uma particular categoria do item i .

A existência de uma ordenação entre os níveis de dificuldade das categorias de determinado item é necessária, ou seja, $b_{i,1} \leq b_{i,2} \leq \dots \leq b_{i,m_i}$. A probabilidade do indivíduo j receber um escore k no item i é dada por: $P_{i,k}(\theta_j) = P_{i,k}^+(\theta_j) - P_{i,k+1}^+(\theta_j)$

Samejima (1969), define também $P_{i,0}(\theta_j) = 1$ e $P_{i,m_i+1}^+(\theta_j) = 0$, de modo que:

$$P_{i,0}(\theta_j) = P_{i,0}^+(\theta_j) - P_{i,1}^+(\theta_j) = 1 - P_{i,1}^+(\theta_j) \text{ e}$$

$$P_{i,m}(\theta_j) = P_{i,m}^+(\theta_j) - P_{i,m+1}^+(\theta_j) = P_{i,m}^+(\theta_j).$$

Portanto, tem-se que:

$$P_{i,k}(\theta_j) = \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_{i,k})}} - \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_{i,k+1})}}$$

Neste modelo, além do parâmetro de discriminação ou inclinação (a_i), em um item com (m_i+1) categorias, é necessário estimar m_i valores de dificuldade.

A figura 1 apresenta uma Curva Característica do Item (CCI) para esse modelo aplicado a um questionário onde há 5 categorias de resposta: 0%, 25%, 50%, 75% e 100% do item na empresa.

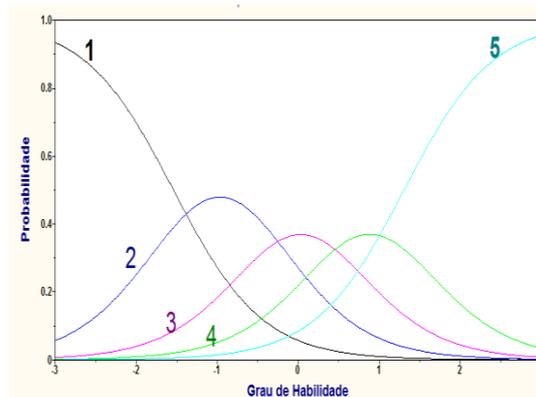


FIGURA 1 – Curva Característica do Item no Modelo de Resposta Gradual

Na figura 1 o eixo das abscissas indica o grau de habilidade das empresas que, neste trabalho, varia entre os valores de -3 a 3. O eixo das ordenadas indica a probabilidade da empresa atender ao item percentualmente, expresso na forma decimal, variando de 0 a 1. A curva 1 representa a probabilidade (P) de uma empresa ter 0% do item implementado. As curvas 2, 3 e 4 apresentam as probabilidades de implantação intermediárias 25%, 50% e 75%, respectivamente. A curva 5 representa a probabilidade de implantação integral do item, ou seja, 100%.

Percebe-se na Figura 1 que as empresas com menor habilidade (maturidade ou desempenho) têm maior probabilidade de estar em categorias inferiores de implantação deste item. A medida que uma empresa aumenta a sua maturidade, diminui a possibilidade de atender o nível de implantação anterior, curva 2 por exemplo, e aumenta a possibilidade de atender o nível seguinte da escala, representado pela curva 3.

Ainda observando a Figura 1 pode-se afirmar também que a medida que a maturidade de uma empresa respondente aumenta, cresce também a possibilidade de atender o item completamente (curva 5) e que esta probabilidade chega próximo de 1, ou 100%, quando a empresa alcança maturidade máxima, ou seja, 3 neste exemplo.

3. Aplicação do Modelo de Escala Gradual

3.1 Caracterização da Pesquisa

O estudo teve como metodologia a aplicação da TRI a partir de dados obtidos do construto SIMAP. A base de dados utilizada contou com informações coletadas de 3 anos de pesquisa, na qual foram inseridas as repostas de um questionário que identifica o nível de implementação de 46 práticas de gestão (ver Tabela 2) citados como práticas de excelência por especialistas e professores da área. Estas práticas foram agrupados em 7 subsistemas de gestão: Sistema Integrado de Gestão; Gestão da Produção; Gestão de Produtos; Gestão

Estratégica; Gestão de Logística; Gestão de Recursos Humanos; Gestão Financeira. A amostra contou com 176 empresas que envolvem 18 setores produtivos. A tabela 1 exhibe os totais de empresas participantes por setor e por porte, sendo pequeno porte até 99 empregados, médio de 100 a 500 e grande acima de 500.

Cada item equivale a uma resposta do questionário. O nível de implantação de cada prática é respondido de forma categorizada representadas pelos níveis 0%, 25%, 50%, 75% e 100% (escala de Likert). As respostas sofreram transformação linear para 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente.

TABELA 1 – Empresas participantes por cadeia produtiva e por porte.

Setor de atuação	Pequeno	Médio	Grande	Total
Asfalto	7	0	1	8
Biodiesel	2	2	1	5
Gás	3	2	1	6
Lubrificantes	6	1	1	8
Metalmecânica	30	14	10	54
Automotiva	17	8	10	35
Eletroeletrônica	3	2	4	9
Calçados	0	1	3	4
Construção civil	31	12	6	49
Têxtil e confecções	8	11	10	29
Exportação e importação	2	6	9	17
Refratários	2	1	1	4
Alimentos e bebidas	5	13	5	23
Petróleo e gás	6	3	2	11
Tecnologia da informação	5	1	1	7
Eletromecânica	2	0	2	4
Saúde	1	0	0	1
Transporte	0	0	5	5

As respostas do SIMAP são escalonadas e com espaçamento igual habilitam a utilização do modelo de escala gradual, ou modelo de Samejima. Para auxílio nos cálculos utilizou-se o *software* MULTILOG.

O Alfa de *Cronbach* foi utilizado para realizar a análise da consistência interna do formulário de pesquisa, e apresentou o valor de 0,969 que implica em alto nível de confiabilidade.

3.2 Estimativas dos Parâmetros

3.2.1 Análise e Estimação do Parâmetro a_i

O parâmetro a_i está relacionado à capacidade do item i de diferenciar empresas j . Quanto maior o valor desse parâmetro maior o poder de discriminação desse item. A Tabela 2 apresenta as estimativas dos parâmetros a_i dos itens. Os itens com valores do parâmetro $a \geq 1$ têm bom poder de discriminação (HAMBLETON e SWAMINATHAN, 1985).

Observar-se na Tabela 2 que o item que mais discrimina é o uso de indicadores ($a_{27} = 3,29$) e que as práticas relacionadas aos subsistemas gestão financeira e gestão de recursos humanos são as que mais discriminam a maturidade das empresas cearenses.

Os itens idade média dos equipamentos ($a_{15} = 0,74$) e rotatividade de estoques ($a_{29} = 0,67$) apresentaram discriminação menor do que 1, o que significa que é possível encontrar empresas com baixa rotatividade de estoque e elevada idade média de equipamentos com maturidade maior e vice-versa.

Observa-se ainda que o poder de discriminação das práticas relacionadas à norma NBR ISO 9001 ($a_1 = 2,53$), controle de processo ($a_{10} = 2,51$) e estudos de capacidade ($a_8 = 2,48$) são próximos e elevados.

TABELA 2 – Parâmetro a_i

Item / Descrição	Gestão	a_i	Item / Descrição	Gestão	a_i
27- Uso de Indicadores	Gestão Estratégica	3,29	6- Tempo de Setup	Gestão da Produção	2
41- Descrição de Cargos e Competências	Gestão de Recursos Humanos	2,92	20- Desenv. de Produtos	Gestão de Produtos	1,95
46- Método de Análise de Investimento	Gestão Financeira	2,61	5- OSHAS 18000	Sistema Integrado de Gestão	1,89
43- ERP Integrado	Gestão Financeira	2,56	18- Uso de Eng. Simultânea	Gestão de Produtos	1,85
42- Programas Participativos	Gestão de Recursos Humanos	2,55	36- Transações Comerciais	Gestão da Logística	1,85
1- ISO 9001	Sistema Integrado de Gestão	2,53	35- Fluxo Financeiro	Gestão da Logística	1,83
10- Controle de Processos	Gestão da Produção	2,51	7- PCP	Gestão da Produção	1,82
8- Estudos de Capacibilidade	Gestão da Produção	2,48	13- Filosofia e Ferramentas JIT	Gestão da Produção	1,81
23- Estratégia de Produção	Gestão Estratégica	2,48	3- ISO 14001	Sistema Integrado de Gestão	1,75
45- Custeio ABC	Gestão Financeira	2,47	16- Domínio e Uso de Normas	Gestão de Produtos	1,73
38- Sistema de Transportes	Gestão da Logística	2,46	30- Fluxo de Materiais	Gestão da Logística	1,69
40- Treinamento de colaboradores	Gestão de Recursos Humanos	2,32	44- Custeio Direto	Gestão Financeira	1,68
26- Orientação ao Cliente	Gestão Estratégica	2,26	21- Parceria com Fomecedores	Gestão de Produtos	1,52
22- Planejamento Estratégico	Gestão Estratégica	2,21	39- Relacionamento e Parceria	Gestão da Logística	1,5
28- Controle de Estoques	Gestão da Logística	2,19	12- Manutenção	Gestão da Produção	1,35
34- Fluxo de Informação	Gestão da Logística	2,1	25- Uso de <i>Benchmarking</i>	Gestão Estratégica	1,26
37- Controle de Armazém	Gestão da Logística	2,1	11- Defeitos – PPM	Gestão da Produção	1,08
9- Custos da Qualidade	Gestão da Produção	2,05	31- Prestadores Logísticos	Gestão da Logística	1,07
24- Estilo de Liderança	Gestão Estratégica	2,05	17- CAD-CAE-CIM	Gestão de Produtos	1,06
2- ISO 14001	Sistema Integrado de Gestão	2,01	33- Unitização	Gestão da Logística	1,04
14- Desenvolvimento de Fomecedores	Gestão da Produção	2,01	32- Manuseio	Gestão da Logística	1,02
19- <i>Lead Time</i> de Desenvolvimento	Gestão de Produtos	2,01	15- Idade Média de Equipamentos	Gestão da Produção	0,74
4- 5Ss	Sistema Integrado de Gestão	2	29- Rotatividade de Estoques	Gestão da Logística	0,67

3.2.2 Análise da Estimção do Parâmetro $b_{i,k}$

O parâmetro $b_{i,k}$ do Modelo de Escala Gradual é o parâmetro de dificuldade (ou de posição) do item, medido na mesma escala da habilidade e está relacionado ao grau de maturidade necessário para que a j-ésima empresa atinja a k-ésima categoria da i-ésima prática. A Tabela 3 apresenta em ordem decrescente de $b_{i,4}$ os valores de dificuldade, onde $b_{i,1}$ é a dificuldade de atingir 25%, $b_{i,2}$, a dificuldade de atingir 50%, $b_{i,3}$, a dificuldade de atingir 75% e $b_{i,4}$, a dificuldade de atingir 100%.

Entre os 10 práticas mais difíceis de serem implementadas (escala 100% nos critérios do SIMAP) 8 estão relacionadas a gestão da logística. Os itens com maior dificuldade de implantação integral da prática são: a) Manuseio com sistema automatizados ($b_{32,4} = 3,37$); b) Uso de prestadores e operadores logísticos ($b_{31,4} = 3,02$) na integração do canal; c) Unitização com uso de transportadores padronizados e otimizados para transporte final ($b_{33,4} = 2,8$); d) Controle de defeitos com partes por milhão (ppm) inferior a 5000 ($b_{11,4} = 2,59$); e) Fluxo de materiais com containers inteligentes ($b_{30,4} = 2,56$); f) Fluxo financeiro integrado ($b_{35,4} = 2,39$);

g) Fluxo de informação com banco de dados integrado ($b_{34,4}= 2,23$); h) Transações comerciais integradas ($b_{36,4}= 2,14$); i) giros de estoques maiores do que 24 vezes ($b_{29,4}= 2,06$) e j) uso de CAD-CAE-CIM ($b_{17,4}= 2,02$).

Os itens com menores dificuldades foram: a) Programas com participação nos resultados ($b_{42,4}= 0,59$); b) Plano de treinamento com mais de 20 horas/ano por funcionário ($b_{40,4}= 0,55$), c) Parcerias com fornecedores e cliente ($b_{21,4}= 0,48$); d) Desdobramento das estratégias de produção ($b_{23,4}= 0,48$), e) Uso de ERP ($b_{43,4}= 0,48$); f) Domínio e uso de normas técnicas continuamente atualizadas ($b_{16,4}= 0,44$), g) Desdobramento do Planejamento estratégico ($b_{22,4}= 0,43$); h) Uso de método de análise de investimento para tomada de decisão ($b_{46,4}= 0,39$), i) Aplicação ou certificação da NBR ISO 9001 ($b_{1,4}= 0,22$) e j) Uso de indicadores em várias áreas e ciclo de PDCA ($b_{27,4}= 0,22$).

TABELA 3 – Parâmetro $b_{i,k}$

Item/ Descrição	$b_{i,1}$	$b_{i,2}$	$b_{i,3}$	$b_{i,4}$	Item/ Descrição	$b_{i,1}$	$b_{i,2}$	$b_{i,3}$	$b_{i,4}$
32- Manuseio	-2,25	-0,74	1,28	3,37	39-Relacionamento e Parcerias	-0,97	-0,08	0,76	1,18
31- Prestadores e Operadores Logísticos	-1,46	-0,13	1,53	3,02	20- Desenvolvimento de Produtos	-1,5	-0,4	0,14	1,13
33- Unitização	-1,82	-0,56	1,17	2,8	9- Custos da Qualidade	-0,89	0,26	0,64	1,12
11- Defeitos – PPM	-1,3	0	1,43	2,59	10- Controle de Processos	-1,1	-0,48	0,14	1,11
30- Fluxo de Materiais	-1,37	0,48	1,52	2,56	28- Controle de Estoques	-1,71	-0,6	0,03	1,06
35- Fluxo Financeiro	-1,41	-0,15	0,97	2,39	3- ISO 14001	-1,3	-0,55	0,06	0,94
34- Fluxo de Informação	-1,26	0,67	1,2	2,23	44- Custeio Direto	-1,24	-0,53	0,47	0,84
36- Transações Comerciais	-1,37	0,96	1,29	2,14	14- Desenvolvimento de Fomecedores	-1,02	-0,26	0,57	0,82
29- Rotatividade de Estoques	-2,8	-0,81	0,88	2,06	25- Uso de <i>Benchmarking</i>	-1,89	-0,68	-0,12	0,79
17- CAD-CAE-CIM	-1,35	-0,87	0,81	2,02	41- Descrição de Cargos e Competências	-1,19	-0,51	0,31	0,72
4- 5Ss	0,01	0,89	1,42	1,93	45- Custeio ABC	-0,59	-0,03	0,56	0,72
38- Sistema de Transportes	-0,72	0,33	0,7	1,82	24-Estilo de Liderança	-1,65	-0,77	-0,21	0,68
6- Tempo de Setup	-0,29	0,3	0,88	1,77	26-Orientação ao Cliente	-1,4	-0,64	-0,02	0,67
12- Manutenção	-1,32	-0,12	1,24	1,7	42- Programas Participativos	-0,57	-0,03	0,29	0,59
15- Idade Média de Equipamentos	-2,84	-2,08	-0,46	1,68	40- Plano de Treinamento	-0,91	-0,24	0,18	0,55
8- Estudos de Capabilidade	-0,54	-0,11	0,83	1,65	21- Parceria com Fornecedores	-2,02	-0,82	-0,11	0,48
37- Controle de Armazém	-1,41	0,5	1,31	1,57	23- Estratégia de Produção	-1,17	-0,49	0,08	0,48
5- OSHAS 18000	-0,06	0,6	0,96	1,56	43- ERP Integrado	-0,65	-0,29	0,27	0,48
13- Filosofia e Ferramentas JIT	-0,4	0,36	0,95	1,51	16- Domínio e Uso de Normas Técnicas	-1,99	-1,25	-0,45	0,44
19- <i>Lead Time</i> de Desenvolvimento Produto	-1,17	-0,29	0,38	1,5	22- Planejamento Estratégico	-1,18	-0,55	0,09	0,43
7- PCP	-1,54	-0,39	0,45	1,31	46- Método de Análise de Investimento	-0,72	-0,26	0,21	0,39
18-Uso de Eng. Simultânea	-1,13	0,26	0,73	1,25	1-ISO 9001	-0,93	-0,38	0,06	0,22
2- ISO 14001	-0,17	0,44	0,86	1,19	27- Uso de Indicadores	-1,05	-0,64	-0,14	0,22

3.2.3 Análise da Estimação do Grau de Maturidade (Θ ou teta) das Empresas

As 176 empresas da amostra foram submetidas ao processo de calibração no aplicativo MULTILOG e classificadas conforme o desempenho na escala de maturidade (teta). O resultado da classificação e características das empresas pode ser observada na tabela 4.

O uso das melhores práticas se destaca nas empresas de porte grande e seguintes setores: Metalmeccânico, Automotivo, Importação/Exportação, Transporte, Alimentos e Bebidas, Petróleo e Gás, Têxtil e Confecções, Construção Civil e Calçados. Já os menores desempenhos ocorreu nas empresas fabricantes de cerâmica vermelha, na construção civil.

TABELA 4 – Classificação das 10 melhores e das 10 piores empresas desempenhos

Seq.	Código	Teta	Porte	Atividade (melhores desempenhos)	Principais setores
1°	743	1,87	Grande	Transporte	Automotivo, Importação/Exportação
2°	808	1,63	Médio	Fabricante alimentos	Alimentos e bebidas
3°	758	1,39	Médio	Beneficiadora alimentos	Alimentos e Bebidas
4°	654	1,35	Grande	Componentes automotivos	Automotivo, Importação/Exportação
5°	733	1,20	Grande	Construtoras e Incorporadoras	Construção Civil
6°	695	1,19	Grande	Fornecer Matérias Primas e Fiação	Têxtil e Confecções, Importação/Exportação.
7°	814	1,18	Grande	Transporte de Resíduos e Serviços.	Metalmeccânico,
8°	940	1,12	Grande	Fabricante de linha branca	Metalmeccânico e Importação/Exportação
9°	946	1,03	Pequeno	Armazenamento e Tancagem	P&G
10°	829	1,03	Grande	Curtume e Componentes	Automotivo e Importação/Exportação
Seq.	Código	Teta	Porte	Atividades (últimos desempenhos)	Principais setores
176° a	852	-2,41	Pequeno	Fabrica cerâmica vermelha.	Construção Civil
167°	856	-2,21	Pequeno	Fabrica cerâmica vermelha.	Construção Civil

As empresas da amostra se concentraram entre as maturidade 0 e -1, numa escala que varia de -3 a 3, e representaram 54,22% das empresas estudadas. A tabela 5 exibe a distribuição das empresas e os percentuais de participação em cada intervalo de maturidade.

TABELA 5 - Distribuição das empresas por Escala de Maturidade

Teta	Nº de empresas	%	Teta	Nº de empresas	%
> 2,00	0	0,00	0 à -0,49	37	20,9
1,50 a 2,00	2	1,12	-0,5 à -0,99	29	16,38
1,00 a 1,49	10	5,64	-1,00 à -1,49	24	13,55
0,50 a 0,99	15	8,47	-1,5 à -2,00	17	9,60
0 a 0,49	30	16,94	< -2,00	13	7,34

Observa-se que nenhuma empresa atingiu o grau máximo de maturidade maior do que 2. Nenhum empresas na amostra consegue aplicar integralmente todas as práticas de gestão avaliadas no questionário do sistema SIMAP.

3.4 Análise Gráfica

3.4.1 Análise da Curva Característica do Item (CCI)

Todas as CCIs foram plotadas pelo *software* MULTILOG em uma matriz (Figura 2) com 46 gráficos relativos aos 46 itens do SIMAP. Cada linha ($i=1$ a 5) representa o nível de implantação ou desempenho empresarial nos 46 critérios, medido na escala de 0% a 100%. Desta forma a CCI 1 (Figura 2) esta relacionado com o critério do SIMAP “Sistema de Gestão da Qualidade” baseado na NBR ISO 9001. Neste caso a empresa pode apresentar um desempenho “0” quando possui procedimentos informais, “25” para procedimentos documentados até “100” quando seus processos são certificados na referida norma.

As seguintes análises foram realizadas comparando as respectivas CCIs (Figura 2) e os dados dos parâmetros (Tabela 2 e 3) com os critérios do SIMAP.

- a) 44 critérios das CCIs apresentaram o parâmetro de discriminação (a) acima de 1 indicando a capacidade de discriminação das boas práticas relacionadas. As CCIs apresentaram muito boa distribuição normal com exceção das CCIs 15 e 29 que tiveram o índice de discriminação (a_i) menor que 1. A distribuição das curvas ao longo da escala de maturidade variou muito dependendo do critério. Em alguns critérios elas apresentaram uma maior concentração (ex. 27, 43 a 46) do que nos outros critérios (ex. 19,27,33);
- b) A norma NBR 9001 (CCI 1) apresenta um alto grau de discriminação na amostra pesquisada embora não tenha um grau de dificuldade elevado. As empresas com maturidade ($\Theta > 1$) tem aprox. 80 % de probabilidade (P) de serem certificadas. Existem muitas empresas da amostra ($\Theta < -1$) trabalhando com procedimentos informais (não documentados);
- c) Para a gestão ambiental (CCI 2) a probabilidade maior do que 80% ($P > 80\%$) de certificação é encontrada nas empresas com maturidade ($\Theta > 2$), não encontrada na amostra. Empresas com maturidade ($\Theta > 1$) têm somente P =aprox. 40 % de estarem certificadas. Este item apresenta alta discriminação ($a_i=2,01$);
- d) No item relativo a implantação de programas 5Ss (CCI 3) verifica-se que uma empresa com maturidade (Θ) > 1 apresenta a P =aprox. 60% de terem implementado estas práticas na sua organização;
- e) As CCI 4 e 5 ilustram a utilização de práticas de Responsabilidade Social (SA 8000) e de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho (OSHAS 18000). A certificação da primeira tem um grau de dificuldade ($b_{b,4}=1,93$) e discriminação ($a_i =2,0$) maiores do que a segunda ($b_{b,4} = 1,56$ e $a_i = 1,83$).
- f) Em relação ao tempo de setup somente empresas com $\Theta>2$ tem a $P>60\%$ de aplicarem o *Single Minute Exchange of Die* (SMED). Enquanto que as empresas com $\Theta<-1$ tem probabilidade superiores a 80% de apresentarem controle informal no tempo de *setup*. Observa-se que troca rápida de ferramenta exige uma maturidade superior das empresas;
- g) Empresas com $\Theta=0$ têm P =aprox. 40% de utilizarem alguma ferramenta para auxiliar no planejamento e controle da produção. Para empresas com $\Theta>1$ e $\Theta>2$ apresentam aprox. 40% e 80% de probabilidade de utilizarem Planejamento de Recursos Materiais (MRP) e Planejamento de Recursos Empresariais (ERP), respectivamente.
- h) A CCI 8 indica que empresas com $\Theta=1,5$ têm P =aprox. 60% de realizarem estudos de capacidade de processo e aquelas com $\Theta>2$ apresentam P =aprox. 60% de terem

capabilidade dos seus principais processos (Cpk) igual a 2. Empresas com $\Theta < -1$ apresentam P=aprox. 70% de trabalharem com processos instáveis.

- i) Em relação aos custos de má qualidade somente as empresas com $\Theta=2$ teriam P=aprox. 80% de apresentarem custos inferiores a 0,5% do faturamento. Por outro lado, empresas com $\Theta < -1$ apresentam P=aprox. 60% de desconhecerem os seus custos da má qualidade;
- j) As práticas CCI 11 (defeitos ppm), CCI 12 (manutenção), CCI 15 (idade media de equipamentos), CCI 17 (CAD-CAE-CIM), CCI 25 (uso de *benchmarking*), CCI 29 (rotatividade de estoques), CCI 31 (prestadores e operadores logísticos), CCI 32 (manuseio) e CCI 33 (unitização) apresentaram curva normal bem dispersa com parâmetros de discriminação (a_i) menores do que 1,35;

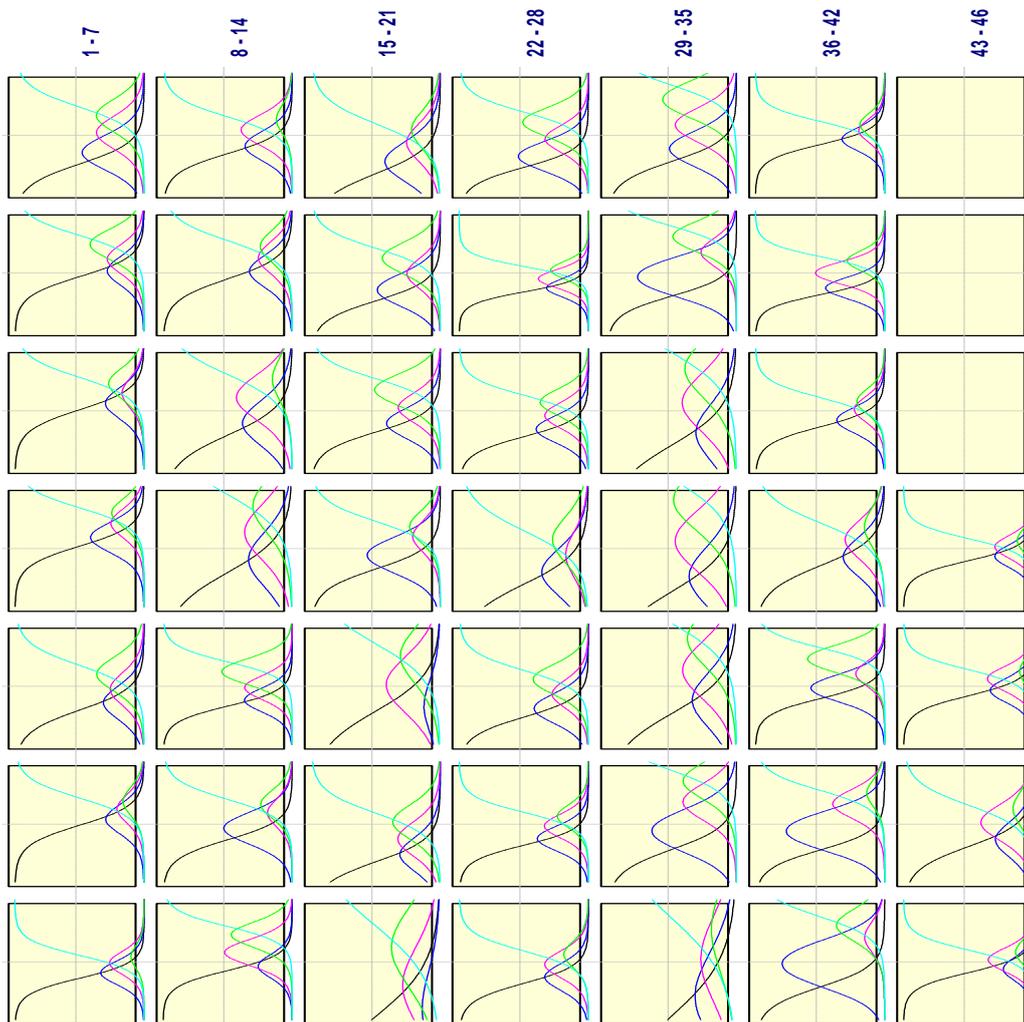


FIGURA 2 - Matriz de curvas características dos itens.

- k) Somente as empresas com $\Theta > 2$ apresentam P > 60% de aplicar mais do que 3 ferramentas da filosofia *just in time* (CCI 14) e P > 80% de estabelecerem parcerias com seus fornecedores (CCI 14). As empresas com $\Theta < -1$ provavelmente não utilizam ferramentas *just in time*.
- l) De acordo com a CCI 14 as empresas com $\Theta > 1$ apresentam P=aprox. 60% de trabalharem com todas as normas técnicas relacionadas aos seus produtos e processos continuamente atualizadas.

- m) Empresas com maturidade $\Theta=0$ tem P =aprox. 60% de utilizarem informalmente a engenharia simultânea e equipe multifuncional no desenvolvimento de produto. A partir de $\Theta=2$ (P = aprox. 80%) utilizam estas duas ferramentas;
- n) Empresas com maturidade $\Theta=1$ tem aprox. 50% de probabilidade de possuírem *lead time* competitivo para desenvolvimento de produto (CCI 19) e melhorarem continuamente a sua metodologia para desenvolvimento de produtos (CCI 20);
- o) A prática de realização de parcerias com seus fornecedores e clientes tem $P=60\%$ de ser encontrada nas empresas com $\Theta >1$,
- p) Em relação as CCIs 22 (planejamento estratégico), 23 (estratégia de produção) e 24 (estilo de liderança com envolvimento de funcionários) as empresas com maturidade $\Theta>1$ apresentam P =aprox. 60% de realizarem planejamento estratégico e de produção monitorado com envolvimento participativo dos funcionários;
- q) Observando a CCI 26 (Foco no cliente) nota-se elevada probabilidade (80%) das empresas com $\Theta>1$ atingirem índices de satisfação elevados ($>80\%$) de seus clientes;
- r) As empresas com $\Theta<-1,5$ ($P=90\%$) de trabalharem sem indicadores (CCI 27). Empresas com $\Theta>0,5$ (aprox. $P= 80\%$) utilizam indicadores financeiros, da qualidade, de processos e realizam o ciclo de melhoria contínua conhecido por PDCA.
- s) Empresas com $\Theta>-1$ (P =aprox. 60%) controlam o seu produto acabado (CCI 28) e com $\Theta>0,5$ (P =aprox. 60%) utilizam sistemas de controle de estoque como planilhas e softwares;
- t) Empresa com $\Theta>-0,5$ começam a utilizar planilha eletrônica ou softwares para controlar o fluxo de seus materiais (CCI 30). O uso de RFID, GPS e container inteligente são práticas muito pouco utilizadas inclusive em empresas com maturidade muito elevadas;
- u) Em relação ao fluxo de informação (CCI 34) empresas com $\Theta=1,5$ apresentam $P=50\%$ de utilizarem rastreamento por satélite ou GPRS. Uma base de dados integrada na cadeia de suprimentos é uma prática muito difícil mesmo em empresas com alto grau de maturidade. Uma empresa com $\Theta=2,5$ teria 60% de probabilidade de usar estas ferramentas;
- v) Enquanto que empresas com $\Theta=2$ apresentam P =aprox. 60% de compartilharem seus bancos de dados para fins financeiros (CCI 35) a integração total da cadeia de suprimentos é difícil mesmo para índice máximo de maturidade $\Theta=3$. Neste caso teriam 70% de probabilidade de terem dados financeiros completamente integrados.
- w) Empresas com maturidade $\Theta=-0.5$ apresentam P =aprox.80% de realizarem transações comerciais (CCI 36) via computador, enquanto que empresas com $\Theta=2$ apresentam probabilidades próximas a 40% de utilização de ECR (*Efficient Consumer Response*) e CRM (*Customer Relationship Management*). Há pouca utilização de *marketplace* inclusive em empresas com alta maturidade.
- x) Empresas com maturidade $\Theta=-0.5$ apresentam P =aprox.80% de utilizarem planilha eletrônica ou *software* no controle de seus armazéns (CCI 37). Somente empresas com $\Theta>2$ teriam P maior do que 70% de utilizarem *Warehouse Management System* (WMS).
- y) Empresas com $\Theta<-1$ apresentam P = aprox. 60% de terem sistema de transporte informal. Com $\Theta=0$ ou $\Theta=1$ apresentam 60% de probabilidade de utilizarem

- respectivamente, planilha eletrônica, *software*, e GPS ou sistema de roteamento (CCI 38).
- z) Empresas com $\Theta < -1,5$ apresentam P=aprox. 60% de não realizarem qualquer tipo de parcerias na cadeia de suprimento enquanto que empresas com $\Theta > 1,5$ apresentam P=aprox. 60% de realizarem parcerias estratégicas com fornecedores e clientes (CCI 39).
- aa) Em relação a gestão de recursos humanos as empresas com $\Theta < -1$ apresentam P=aprox. 60% de terem plano de treinamento (CCI 40) e programas participativos informais (CCI 42), enquanto que empresas com $\Theta > 1$ apresentam P=aprox. 80% de realizarem planos de treinamento com mais de 20h/funcionário/ano (CCI 40) e programas de participação nos resultados (CCI 42). Empresa com $\Theta > 0$ descrevem a competência (60% de probabilidade) dos cargos e a partir de $\Theta = 1$ (70% de probabilidade) realizam programas de multifuncionalidade e avaliação de competências (CCI 41);
- bb) Na gestão financeira (CCIs 43 a 46) uma empresa com maturidade entre -1 e 1 apresenta uma baixa probabilidade de utilizar ferramentas como ERP, Custeio de Direto, Custeio ABC e Métodos de análise de investimento. Empresas com $\Theta < -1$ não utilizam formalmente estas ferramentas (P=aprox. 80%), enquanto que empresas com $\Theta > 1$ utilizam estas ferramentas para tomada de decisão (P=aprox. 80%).

4. Análise dos Resultados e Conclusões

Os resultados na Tabela 1 não apresentaram nenhum valor negativo para o parâmetro a , demonstrando consistência nos dados, já que esse resultado significaria que empresas com menor grau de maturidade apresentariam uma maior probabilidade de implantação de determinada ferramenta de gestão, ou vice-versa, sendo bastante incoerente.

Através do modelo foi possível identificar as práticas com maior e menor poder de discriminação. 44 itens obtiveram o valor do parâmetro a maiores que 1, o que significa que possuem boa discriminação, outros dois: rotatividade de estoques e idade média dos equipamentos, ficaram abaixo do esperado, com valores de 0,67 e 0,74, respectivamente, portanto, não apresentam discriminação satisfatória e devem ser reformulados no questionário. Pode-se perceber que entre os itens mais discriminadores, dois são da gestão de recursos humanos e dois da gestão estratégica, já entre os menos discriminadores, três são da gestão logística. Estes últimos apresentaram um grau de dificuldade de implantação maior.

Na análise dos itens com maiores dificuldades de implantação destacam-se as práticas relacionadas com a integração das cadeias produtivas através de operadores logísticos, fluxo de materias, financeiro e de informação.

Foi possível relacionar o ranking de grau de maturidade e seus setores de atuação. Destacaram-se com maior grau de maturidade empresas de Alimentos, Metal-mecânico e Automotivo voltadas a Exportação. No outro lado da escala, com maturidade negativa ficaram as empresas de cerâmica vermelha.

A ferramenta TRI apresentou-se eficaz na medição das escalas de habilidade das empresas de forma que foi possível identificar as práticas de gestão mais difíceis e as que mais diferenciam as empresas. Com a TRI também foi possível a classificação das empresas a partir de suas habilidades em atender os itens.

Referências

- ALEXANDRE, J. W. C.; ANDRADE, D. F.; VASCONCELOS, A. P. ARAUJO, M. A. S. Aplicação da TRI na Gestão de Qualidade: proposta de um modelo probabilístico. XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador, 2001.
- ALEXANDRE, J. W. C.; ANDRADE, D. F.; VASCONCELOS, A. P. ARAUJO, A. M. S. Uma proposta de análise de um construto para medição dos fatores críticos da Gestão pela Qualidade por intermédio da Teoria da Resposta ao Item. Revista Gestão e Produção, [S.l.], v. 9, n. 2, 2002a.
- ALEXANDRE, J. W. C.; ANDRADE, D. F.; VASCONCELOS, A. P.; ARAUJO, A. M. S.; BATISTA, M. J. Teoria da Resposta ao Item: aplicação do modelo de escala gradual na gestão pela qualidade. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba-PR, 2002b.
- ALVES, L. R. R. Desenvolvimento de uma escala para medir potencial empreendedor por meio da teoria da resposta ao item. Dissertação do Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.
- ANDRADE, D. F., TAVARES, H. R. e VALLE, R. C. Teoria de Resposta ao Item: conceitos e aplicações. 14º SINAPE, ABE – Associação Brasileira de Estatística. São Paulo, 2000.
- ANDRADE, D. F. Desempenhos de grupos de alunos por intermédio da teoria da resposta ao item. Estudos em Avaliação Educacional, [S.l.], n. 23, p.31-69, jan. – jun. 2001.
- ANDRICH, D. A rating formulation for ordered response categories. **Psychometrika**, Springer New York, 43, 561-573, 1978.
- BALBIM JUNIOR, A.; BORNIA, A. C. Proposta de um instrumento de medidas para avaliar a satisfação de clientes de bancos de dados utilizando a Teoria da Resposta ao Item. Gest. Prod., São Carlos, v. 18, n.3, 2011.
- BAKER, F. B. The basics of Item Response Theory. New York. Eric Clearinghouse on Assessment and Evaluation : 2001
- BORTOLOTTI, S. L. V. Resistência à mudança organizacional. Medida de avaliação por meio da Teoria da Resposta ao Item. Doutorado da UFSC. Florianópolis, SC. 2010
- BOSI, M. A. Um estudo sobre o grau de maturidade e a evolução da Gestão pela Qualidade Total no setor de transformação cearense por meio da teoria da resposta ao item. 2010.135f. Dissertação (Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- GUEWERH, K. Teoria da resposta ao item na avaliação de qualidade de vida de idosos. Dissertação do programa de pós-graduação em Epidemiologia da UFRGS. Porto Alegre, 2007.
- LORD, F. M. The relation of the reliability of multiple-choice tests to the distribution of item difficulties. *Psychometrika*, Springer New York, v. 17, n. 2, p. 181-194, 1952. Disponível em: <<http://www.spingerlink.com/content/n66133v33nmg33n3h/>>. Acesso em: 20 fev. 2012.
- OLIVEIRA, K. M. M. Um estudo da evolução da GQT por meio do modelo de resposta gradual da teoria da resposta ao item. 2010. Dissertação (Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- PASQUALI, L. Fundamentos da Teoria da Resposta ao Item. Avaliação Psicológica, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 99-110, 2003.
- REISE, S. P.; AINSWORTH, A. T.; HAVILAND, M. G. Item Response Theory Fundamental, Applications and Promise in Psychological Research. *Current Directions in Psychological Science*. Vol. 14 n.2,p95-102, 2005.
- RODRIGUES, J. S. Uma abordagem multivariada da evolução da Gestão da Qualidade Total nas indústrias de transformação de médio e grande porte do estado do Ceará. 2010. Dissertação UFC, Fortaleza, 2010.
- SAMEJIMA, F. A. Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. *Psychometric Monograph*, [S.l.], 17, 1969.

SOARES, T. M. Utilização da teoria da resposta ao item na produção de indicadores sócio-econômicos. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pope/v25n1/24252.p.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

TEZZA, R.; BORNIA, C. A.; ANDRADE, D. F. Measuring web usability using item response theory: Principles, features and opportunities. *Interacting with Computers*, Elsevier Science Inc. New York, NY, USA. V. 23, I. 2, 2011. p. 167-175.2009

TRIERWEILLER, A. C.; PEIXE, B. C. S.; TEZZA, R.; BORNIA, A. C.; CAMPOS, L. M. S. Measuring environmental management disclosure industries in Brazil with item Response Theory. *Journal of Cleaner Production*. 2012, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.10.025>.

VARGAS, V. C. C.; SELIG, P. M.; ANDRADE, D. F.; RIBEIRO, J. L. DUARTE, D. Avaliação dos intangíveis: uma aplicação em capital humano. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 15, n.3, p. 619 – 634, set.-dez. 2008.

VEY, I. H. Avaliação de desempenho logístico no serviço ao cliente baseado na teoria da resposta ao item. Doutorado em Engenharia de Produção da Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, SC, 2011.