

## **APLICAÇÃO DA TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM EM PRÁTICAS DE EXCELÊNCIA E BENCHMARKING DE CADEIAS PRODUTIVAS**

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

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

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

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

**Resumo:** *A TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM (TRI) TEVE A SUA PRIMEIRA APLICAÇÃO NO BRASIL, EM 1995, NA ÁREA EDUCACIONAL E, DESTE ENTÃO, TEM SIDO UTILIZADA EM VÁRIOS ESTUDOS NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. ESTE ESTUDO PIONEIRO, OBJETIVA APLICAR A TRI, EM PARTICULAR O MODELO DE ESCALA GRADUAL, PARA COMPARAR O DESEMPENHO DE 177 EMPRESAS CEARENSES, ASSOCIADAS A 18 CADEIAS PRODUTIVAS BASEADO EM 46 ITENS RELATIVOS AS PRÁTICAS DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. OBJETIVA-SE ESTABELECE O RANKING DAS EMPRESAS E DE SUAS CADEIAS PRODUTIVAS POR ORDEM DE MATURIDADE. O MODELO UTILIZADO MOSTROU-SE UMA FERRAMENTA MUITO ADEQUADA NA ANÁLISE COMPARATIVA DE CADEIAS PRODUTIVAS. OBSERVOU-SE, PARA CADA CADEIA PRODUTIVA, A VARIAÇÃO DO PARÂMETRO DE MATURIDADE (TETA), SEUS PONTOS MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIAS NUMA ESCALA COMUM.*

**Palavras-chaves:** *TEORIA DE RESPOSTA AO ITEM; BENCHMARKING; CADEIAS PRODUTIVAS; PRÁTICAS DE EXCELÊNCIA.*

**Área:** *7 - GESTÃO ESTRATÉGICA E ORGANIZACIONAL*

**Sub-Área:** *7.5 - REDES DE EMPRESAS E GESTÃO DA CADEIA PRODUTIVA*

# APPLICATIONS OF THE ITEM RESPONSE THEORY IN FIELD OF BEST PRACTICE AND BENCHMARKING OF PRODUCTIVE CHAIN

**Abstract:** *THE ITEM RESPONSE THEORY HAD ITS FIRST APPLICATION IN BRAZIL, IN 1995, IN EDUCATION FIELD AND, SINCE THEN, HAS BEEN USED IN SEVERAL STUDIES IN INDUSTRIAL ENGINEERING. THIS PIONEERING STUDY AIMS TO APPLY THE RATING SCALE MODEL OF ITEM RESPONNSE THEORY TO COMPARE THE PERFORMANCE OF 177 COMPANIES FROM CEARÁ (BRAZIL), GROUPED IN 18 PRODUCTIVE SECTORS BASED ON 46 ITEMS RELATED TO THE BEST PRACTICES IN MANAGEMENT. THIS RESEARCH PROPOSES TO ESTABLISH THE RANK THE FIRMS AND ITS PRODUCTIVE CHAINS IN ORDER OF MATURITY. THE RESULTS OF THIS STUDY REVEAL THAT THE MODEL PROPOSED IS A POWERFUL TOOL IN COMPARING PERFORMANCE OF PRODUCTIVE CHAIN. IT WAS POSSIBLE TO COMPARE THE VARIATION OF THE PARAMETER MATURITY (TETA), THEIR MAXIMUM POINTS, MINIMUM AND MEDIUM IN A COMMON SCALE.*

**Keyword:** *ITEM RESPONSE THEORY; BENCHMARKING; PRODUCTIVE CHAIN, BEST PRACTICE.*

## 1. Introdução

A Teoria de Resposta ao Item (TRI) teve a sua primeira aplicação no Brasil, em 1995, na área educacional (ANDRADE *et. al.*, 2000). 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 (GUEWEHR, 2007); Avaliação de Intangíveis nas Organizações (VARGAS *et. al.*, 2008); Usabilidade de Sites Comerciais (TEZZA, 2009); Comportamento Organizacional (BORTOLOTTI, 2010); Risco de Crédito (MAFRA, 2010); Satisfação de Clientes (BALBIM JUNIOR *et. al.*, 2011), Gestão Ambiental (TRIERWEILER *et. al.*, 2012), entre 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, empresas ou grupos) em uma escala latente de interesse que não são observados diretamente (ex. desempenho, maturidade, habilidade, satisfação). Para determinar como um traço latente se processa em um indivíduo, a TRI gera uma escala comum 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.

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

Aplicações empresariais, como a prática do *benchmarking*, também são possíveis com a aplicação do TRI visto que pode-se identificar as empresas consideradas referência de melhores práticas, ou seja, uma empresa ou conjunto de empresas que se destacam. Neste estudo pioneiro de multicasos, utiliza-se o TRI para comparar o desempenho de empresas individuais e das cadeias produtivas onde elas atuam.

O presente estudo objetiva aplicar a TRI, em particular o Modelo de Escala Gradual (MEG), para comparar o desempenho de 177 empresas cearenses, associadas a 18 cadeias produtivas baseado em 46 itens relativos as práticas de excelência em gestão. É proposto, com tal estudo, estabelecer a cadeia *benchmark* cearense e o *ranking* das empresas por ordem de maturidade. Os dados foram disponibilizados do banco de dados do construto Sistema de

*Benchmarking* e Monitoramento de Arranjos Produtivos (SIMAP), desenvolvido para medir as práticas de excelência em gestão empresarial descrito em Amato (2013), Aragão *et al.* (2011), e Telles *et al.* (2010).

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 *Benchmarking* empresarial

A maturidade empresarial relaciona-se com o estado no qual a empresa está em condições para atingir os seus objetivos (ANDERSEN; JESSEN, 2003 *apud* OLIVEIRA, 2010). Segundo Camp (2002) a maturidade é alcançada através da incorporação integrada das melhores práticas do mercado nos processos da empresa, assegurando a sua liderança setorial. 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.

Para Bhutta e Huq (1999) o *benchmarking* tem como essência a identificação dos melhores padrões de excelência dos produtos, serviços ou processos e depois realizar o necessário para alcançar estes padrões, também chamado de melhores práticas.

### 2.2 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).

#### 2.2.1 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:

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

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

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.

### 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 4 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 baseado nas normas automotivas NBR ISO/TS 16949, Prêmios de Qualidade e ferramentas do Sistema Toyota de Produção. Estas práticas foram agrupados em 7 subsistemas: Sistema Integrado de Gestão; Gestão da Produção; Gestão de Produtos; Gestão Estratégica; Gestão de Logística; Gestão de Recursos Humanos; Gestão Financeira. A amostra aleatória contou com 177 empresas cearenses atuantes em 18 cadeias

produtivas. A tabela 1 exibe os totais de empresas participantes por setor e por porte, sendo pequeno porte até 99 empregados, médio de 100 a 500 empregados e grande acima de 500.

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

Cadeias Produtivas	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

Fonte: elaborado pelos autores.

Cabe destacar que o somatório de empresas ultrapassa a quantidade 177 empresas. Isto ocorre devido a uma mesma empresa fornecer para diferentes cadeias produtivas.

As respostas constantes no SIMAP são escalonadas e com espaçamento igual, as quais habilitam a utilização do modelo de escala gradual, ou modelo de Samejima. Cada item, ou prática, equivale a uma resposta do questionário. O nível de implantação de cada prática foi respondido de forma categorizada representadas pelos níveis 0%, 25%, 50%, 75% e 100% (escala de Likert). Os níveis representam o grau de implementação de uma determinada prática podendo chegar a 100%, quando foi plenamente implementada pelo respondente. As respostas sofreram transformação linear para 1, 2, 3, 4 e 5 respectivamente. Para auxílio nos cálculos utilizou-se o *software* Multilog na versão 7.0.

O teste 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 Estimação do grau de maturidade ( $\Theta$ ou teta) das empresas

As 177 empresas da amostra foram submetidas ao processo de calibração no aplicativo Multilog versão 7.0, a partir dos 46 itens. O código fonte utilizado para a calibração é apresentado a seguir.

```
>PROBLEM RANDOM, INDIVIDUAL, DATA = 'simapCE_dados.dat', NITEMS = 46, NGROUPS = 1, NEXAMINEES = 177, NCHARS = 11;
```

```
>TEST ALL, GRADED, NC = (5(0)46); >ESTIMATE NCYCLES=100; >SAVE ; >END ;
```

A calibração identificou os parâmetros dos itens, como discriminação e dificuldade. Os 46 itens do SIMAP foram ordenados por nível decrescente de discriminação conforme apresentado na tabela 2.

TABELA 2 – Itens, gestão e grau de discriminação.

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 Capabilidade	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 Fornecedores	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- Unificação	Gestão da Logística	1,04
14- Desenvolvimento de Fornecedores	Gestão da Produção	2,01	32- Manuseio	Gestão da Logística	1,02
19- Lead Time 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

Fonte: elaborado pelos autores.

Todos os itens do questionário apresentaram valores positivos demonstrando consistência lógica do questionário e dos valores coletados. No final da tabela, os itens (15) idade média dos equipamentos ( $a_{15}=0,74$ ) e (29) 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 menor.

Os itens que apresentaram maior discriminação foram: uso de indicadores ( $a_{27} = 3,29$ ), descrição de cargos e competências ( $a_{41} = 2,92$ ), método de análise de investimento ( $a_{46} = 2,61$ ),

ERP integrado ( $a_{43} = 2,56$ ), programas participativos ( $a_{42} = 2,55$ ), o que significa que existe baixa probabilidade de encontrar empresas com baixa maturidade e alto desempenho nestes itens, e vice-versa.

Os itens com menores discriminação foram: manuseio ( $a_{32} = 1,02$ ), unitização ( $a_{33} = 1,04$ ), CAD-CAE-CAM ( $a_{17} = 1,06$ ), prestadores logísticos ( $a_{31} = 1,07$ ) e defetiso PPM ( $a_{11} = 1,08$ ).

#### 4. Análise dos resultados

A partir das respostas obtidas dos questionários determinou-se a maturidade (teta) dos respondentes. A tabela 3 apresenta o *ranking* das empresas ordenados pelo seu valor de maturidade (teta) decrescente.

TABELA 3 – *Ranking* das empresas ordenados pela maturidade teta.

Posição	Empresa	Teta	Posição	Empresa	Teta	Posição	Empresa	Teta	Posição	Empresa	Teta	Posição	Empresa	Teta
1	743	1,88	38	687	0,356	75	689	-0,28	112	638	-0,86	149	965	-1,52
2	808	1,64	39	806	0,348	76	935	-0,29	113	664	-0,89	150	860	-1,56
3	758	1,4	40	787	0,299	77	771	-0,31	114	690	-0,89	151	658	-1,57
4	654	1,35	41	1006	0,29	78	868	-0,32	115	660	-0,9	152	626	-1,58
5	733	1,2	42	815	0,265	79	969	-0,35	116	818	-0,92	153	820	-1,64
6	695	1,2	43	673	0,263	80	772	-0,35	117	988	-0,93	154	1001	-1,68
7	814	1,19	44	671	0,2	81	727	-0,36	118	765	-0,93	155	645	-1,71
8	940	1,13	45	676	0,177	82	959	-0,37	119	637	-0,95	156	853	-1,77
9	946	1,04	46	698	0,176	83	824	-0,4	120	678	-0,97	157	630	-1,8
10	829	1,03	47	822	0,168	84	766	-0,4	121	684	-0,98	158	854	-1,86
11	942	1,02	48	662	0,139	85	628	-0,44	122	971	-0,98	159	647	-1,87
12	963	1,01	49	751	0,125	86	632	-0,44	123	757	-1	160	748	-1,91
13	686	0,94	50	731	0,11	87	653	-0,45	124	679	-1,02	161	652	-1,93
14	941	0,9	51	812	0,105	88	668	-0,45	125	663	-1,05	162	629	-1,96
15	967	0,73	52	682	0,083	89	951	-0,45	126	677	-1,06	163	636	-1,96
16	760	0,72	53	741	0,077	90	744	-0,46	127	702	-1,07	164	631	-1,97
17	693	0,64	54	646	0,045	91	680	-0,47	128	832	-1,09	165	863	-2,02
18	779	0,63	55	670	0,039	92	934	-0,48	129	785	-1,1	166	794	-2,02
19	957	0,62	56	972	0,019	93	627	-0,49	130	635	-1,11	167	710	-2,17
20	681	0,61	57	945	0,015	94	729	-0,49	131	843	-1,17	168	856	-2,21
21	700	0,59	58	749	-0,02	95	846	-0,52	132	641	-1,2	169	855	-2,27
22	650	0,59	59	640	-0,03	96	742	-0,53	133	774	-1,2	170	659	-2,28
23	979	0,59	60	665	-0,03	97	725	-0,56	134	769	-1,21	171	859	-2,29
24	780	0,59	61	746	-0,07	98	648	-0,58	135	642	-1,24	172	861	-2,32
25	696	0,58	62	978	-0,09	99	961	-0,65	136	691	-1,25	173	851	-2,33
26	768	0,55	63	756	-0,09	100	950	-0,67	137	701	-1,26	174	813	-2,34
27	739	0,53	64	728	-0,11	101	740	-0,68	138	730	-1,28	175	857	-2,39
28	962	0,5	65	683	-0,13	102	948	-0,71	139	773	-1,3	176	862	-2,45
29	738	0,49	66	667	-0,13	103	823	-0,76	140	685	-1,35	177	852	-2,47
30	722	0,49	67	828	-0,13	104	643	-0,82	141	734	-1,36			
31	781	0,46	68	699	-0,14	105	644	-0,83	142	732	-1,36			
32	745	0,42	69	968	-0,16	106	953	-0,83	143	964	-1,36			
33	666	0,41	70	724	-0,19	107	661	-0,83	144	858	-1,4			
34	973	0,4	71	966	-0,2	108	697	-0,84	145	656	-1,4			
35	651	0,38	72	817	-0,21	109	639	-0,84	146	649	-1,44			
36	655	0,36	73	716	-0,23	110	726	-0,85	147	634	-1,49			
37	805	0,36	74	754	-0,26	111	970	-0,86	148	657	-1,5			

Fonte: elaborado pelos autores.

A tabela 4, elaborada a partir da tabela 3, apresenta a distribuição dos tetas por intervalos de maturidade. 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.

TABELA 4 - 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

Fonte: elaborados pelos autores.

Expandindo-se as informações dos 10 melhores e piores desempenhos de empresas na escala de maturidade (teta) elaborou-se a tabela 5. O resultado da ordenação e características das empresas pode ser observadas a seguir.

TABELA 5 – Ordenação das empresas por desempenho teta

Seq.	Código	Teta	Porte	Atividade (melhores desempenhos)	Principais setores
1º	743	1,87	Grande	Transporte	Automotivo, Importação/Exportação
2º	808	1,63	Médio	Fabricante alimentos	Alimentos e bebidas
3º	758	1,39	Médio	Beneficiadora alimentos	Alimentos e Bebidas
4º	654	1,35	Grande	Componentes automotivos	Automotivo, Importação/Exportação
5º	733	1,20	Grande	Construtoras e Incorporadoras	Construção Civil
6º	695	1,19	Grande	Fornecer Matérias Primas e Fiação	Têxtil e Confecções, Importação/Exportação.
7º	814	1,18	Grande	Transporte de Resíduos e Serviços.	Metalmecânico,
8º	940	1,12	Grande	Fabricante de linha branca	Metalmecânico e Importação/Exportação
9º	946	1,03	Pequeno	Armazenamento e Tancagem	P&G
10º	829	1,03	Grande	Curtume e Componentes	Automotivo e Importação/Exportação
Seq.	Código	Teta	Porte	Atividades (piores desempenhos)	Principais setores
167º a 177º	852 a 856	-2,41 a -2,21	Pequeno	Fabrica cerâmica vermelha.	Construção Civil

Fonte: elaborado pelos autores.

O desempenho nas práticas de excelência se destaca nas empresas de porte grande. 7 dos 10 melhores desempenhos são desta categoria, destacando os seguintes setores: Metalmecânico, Automotivo, Importação/Exportação, Transporte, Alimentos e Bebidas, Petróleo e Gás, Têxtil e Confecções, Construção Civil e Calçados. Já os menores

desempenhos ocorreram nas empresas fabricantes de cerâmica vermelha, no setor de construção civil e de porte pequeno.

Observando-se os maiores e menores tetras das empresas obtém-se o intervalo de maturidade na qual as cadeias produtivas se encontram. A tabela 6 e a figura 1 apresentam, respectivamente, os pontos extremos de cada teta e a visualização gráfica destes intervalos.

TABELA 6 – *Ranking* de cadeias produtivas

Cadeia Produtiva	Menor $\Theta$	Maior $\Theta$	Média	Empresa com o menor $\Theta$ da cadeia produtiva	Empresa com o maior $\Theta$ da cadeia produtiva
Transporte	0,0	1,9	0,9	972	743
Refratários	-0,7	1,2	0,3	740	814
Eletromecânica	-0,5	0,9	0,2	846	686
Alimentos e bebidas	-1,4	1,6	0,1	964	808
Exportação e importação	-1,6	1,9	0,1	820	743
Calçados	-1,0	1,0	0,0	684	829
Eletroeletrônica	-0,9	0,9	0,0	818	686
Automotiva	-1,9	1,9	0,0	647	743
Gás	-0,5	0,5	0,0	742	722
Têxtil e confecções	-1,5	1,2	-0,2	965	695
Saúde	-0,2		-0,2	966	966
Metalmecânica	-2,3	1,9	-0,2	659	743
Tecnologia da informação	-1,3	0,9	-0,2	685	686
Biodiesel	-0,7	0,2	-0,3	740	676
Petróleo e gás	-1,7	1,0	-0,3	1001	946
Asfalto	-1,2	0,4	-0,4	642	973
Construção civil	-2,5	1,2	-0,6	852	733
Lubrificantes	-1,9	0,6	-0,7	652	693

Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que nenhuma empresa atingiu o grau máximo de maturidade maior do que 2, numa escala de -3 a 3. Isto indica que nenhuma empresa da amostra consegue aplicar integralmente todas as práticas de gestão, 100% na escala de Likert, avaliadas no questionário do sistema SIMAP.

Os 5 setores com maior média de maturidade foram: Transportes (0,9), Refratários (0,3), Eletromecânica (0,2), Alimentos e bebidas (0,1) e Exportação e Importação (0,1). Enquanto que os setores com piores medias foram Lubrificantes (-0,7), Construção civil (-0,6), Asfalto (-0,4) e Petróleo e gás (-0,3).

Os setores com maior amostragem Metalmecânica (54), Construção Civil (49), Automotiva (35), Têxtil e confecções (29) e Alimentos e bebidas (23) obtiveram maiores variações na maturidade teta, demonstrando grandes diferenças no uso de práticas de gestão

em empresas da mesma cadeia produtiva. Destes setores, os que apresentaram a maior média foram: Alimentos e bebidas (0,1), seguido de Automotivo (0), Têxtil e confecções (-0,2) e Metalmeccânica (-0,2).

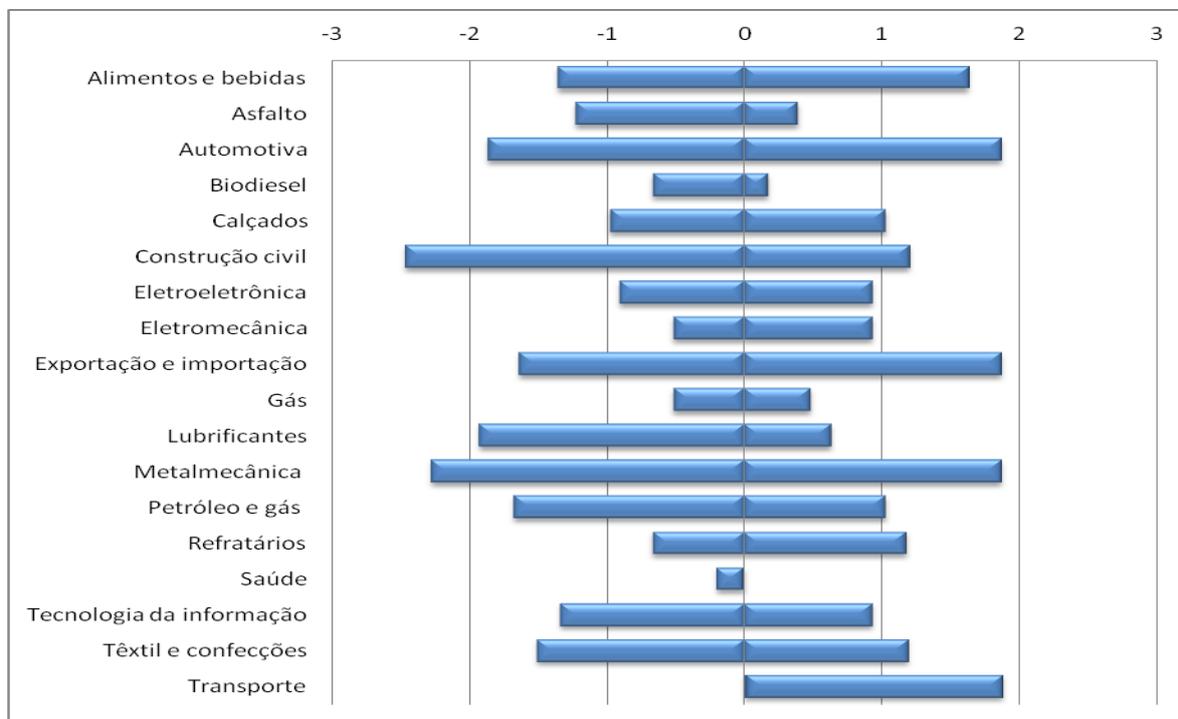


FIGURA 1 – Intervalo de maturidade por cadeia produtiva. Fonte: elaborado pelos autores.

As 5 empresas que participaram da cadeia de transporte (Tabela 2) são de grande porte e apresentaram desempenho superior às demais, provavelmente por estarem trabalhando com produtos e setores produtivos de maiores exigências (ex. combustível).

Observa-se, ainda, os setores com maior maturidade: Alimentos e bebidas, automotivo, exportação e importação, metalmeccânico e transporte. Por outro lado, os setores com menor desempenho foram: Construção civil e metalmeccânico.

## 5. Conclusões

Este estudo comparou o desempenho de 177 empresas cearenses e 18 cadeias produtivas através da utilização do TRI e, em particular, o Modelo de Escala Gradual baseado em 46 itens relacionados a práticas de excelência em gestão. Estes itens, retirados do banco de dados SIMAP, foram ordenados por nível decrescente de discriminação conforme apresentado na tabela 2. Todos os item apresentaram valores positivos para o parâmetro  $\alpha$ , demonstrando consistência nos dados coletados. Estes valores significam que as empresas com maior grau de maturidade apresentam uma maior probabilidade de implantação das ferramentas de gestão pesquisadas e vice-versa.

Através do TRI foi possível relacionar e comparar, em uma mesma escala latente, o grau de maturidade (desempenho) das empresas individuais, das cadeias produtivas as quais fornecem e o grau de dificuldade de cada item. O modelo aplicado se mostrou muito adequado para realizar pesquisas desta natureza, ordenando itens, empresas e, principalmente, grupos de empresas.

A TRI possibilitou a classificação das empresas a partir de suas habilidades em atender os itens. Destacaram-se com maior grau de maturidade, individualmente, empresas de grande porte, atuando nos setores de Alimentos, Metalmeccânico, Automotivo e Exportação. No outro lado da escala, com maturidade negativa, encontram-se empresas de pequeno porte, da cerâmica vermelha, fornecedoras da cadeia da construção civil. Alguns setores como metal mecânico e automotivo se destacam por possuírem empresas com maior e menor grau de maturidade. A largura da escala de maturidade de cada cadeia produtiva dependeu muito do tamanho da amostra, ou seja, amostras com pequeno número de empresas (ex. Transporte e Saúde) tiveram pouca variação, e vice-versa. Para trabalhos futuros recomenda-se replicar este estudo comparativo com tamanho de amostras de mesmo tamanho.

### 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. e 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.
- AMATO, J. Plataforma de colaboração para redes empresariais em: Tópicos emergentes e desafios metodológicos em Engenharia de Produção: casos, experiências e proposições (Volume V). Org. Oliveira, V. F.; Cavenaghi, V. Másculo, F. S.; Rio de Janeiro. ISBN 9788588478459. Ano 2013.

- 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.
- ARAGÃO JR., D.P.; ALBERTIN, M. R.. Industrie Management. Benchmarking- und Monitoring system zur Abbildung der Leistungen brasilianischer Unternehmen. Bremen. 2011. ISSN 1434-1980.
- 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.
- BHUTTA, K. S.; HUQ, F. *Benchmarking – best practices: an integrated approach*. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 6 No. 3, 1999, pp. 254-268.
- CAMP, R. C. *Benchmarking: identificando, analisando e adaptando as melhores práticas de administração que levam à maximização de performance empresarial: o caminho da qualidade total*. / Robert C. Camp; tradução de Nivaldo Montigelli Júnior. – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- COSTA, M.B.F. (2001). Técnica derivada da teoria da resposta ao item aplicada ao setor de serviços. Dissertação de Mestrado – PPGMUE/UFPR.
- FLETCHER, P. (1994). A teoria da resposta ao item: Medidas invariantes do desempenho escolar. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, 1(2), 21-28.
- GUEWEHR, 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.
- KYRO, P. *Revising the concepts and forms of benchmarking*. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 10 No. 3, 2003 pp. 210-225.
- 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/n66133v33nng33n3h/>>. Acesso em: 20 fev. 2012.
- MAFRA, P. M. R. Proposta de uma sistemática para a modelagem de risco de crédito sob a perspectiva da teoria da criação do conhecimento: uma abordagem da teoria da resposta ao item. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- 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.
- TELLES, B.; ALBERTIN, M.; ARAGÃO, D.P. Methodology for monitoring of productive arrangements. Dynamics in Logistics: Second International Conference, LDIC 2009. Bremen: Springer, 2010.
- 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. Avaliação dos intangíveis: uma aplicação em capital humano. Gestão & Produção, Sao 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 do Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, SC, 2011.