



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E MATEMÁTICA APLICADA
CURSO DE ESTATÍSTICA

EDUARDO JANDERSON DA CUNHA MENESES

AVALIAÇÃO DO GRAU DE MATURIDADE ORGANIZACIONAL DE
EMPRESAS QUANTO ÀS TECNOLOGIAS DE GESTÃO:
*UMA PROPOSTA VIA MODELO LOGÍSTICO DE 2 PARÂMETROS
NO CASO SIMAP*

FORTALEZA

2013

EDUARDO JANDERSON DA CUNHA MENESES

AVALIAÇÃO DO GRAU DE MATURIDADE ORGANIZACIONAL DE
EMPRESAS QUANTO ÀS TECNOLOGIAS DE GESTÃO:
*UMA PROPOSTA VIA MODELO LOGÍSTICO DE 2 PARÂMETROS
NO CASO SIMAP*

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Estatística do Departamento de Estatística e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Estatística.

Orientadora: Profa. Dr^a Sílvia Maria de Freitas

FORTALEZA

2013

EDUARDO JANDERSON DA CUNHA MENESES

AVALIAÇÃO DO GRAU DE MATURIDADE ORGANIZACIONAL DE
EMPRESAS QUANTO ÀS TECNOLOGIAS DE GESTÃO:
*UMA PROPOSTA VIA MODELO LOGÍSTICO DE 2 PARÂMETROS
NO CASO SIMAP*

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Estatística do Departamento de Estatística e Matemática Aplicada da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Estatística.

Aprovada em ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dr^a Sílvia Maria de Freitas (Orientadora) - UFC

Prof. Dr. João Welliandre Carneiro Alexandre - UFC

Prof. Dr. Ronald Targino Nojosa - UFC

Dedico este trabalho

A Deus, Ele que é o começo, meio e fim
de tudo e de todos

À minha avó Antônia, por tudo o que
ela me fez desde o meu nascimento

À minha família, pelo apoio e incentivo
nesses anos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, Ele que me chamou à existência, Ele que é o meu guia, Ele que é o meu Pastor.

Agradeço aos meus Pais, pelo apoio, carinho e dedicação.

Agradeço à minha Avó Antônia, que sempre me educou, me guiou nos caminhos certos, sou eternamente grato a ela por tudo o que ela já fez a mim e a minha família.

Agradeço aos meus Irmãos Junior e Jéssica, pelo companherismo e vivência fraterna.

Agradeço à Professora Sílvia, por ter aceitado o convite de ser a minha orientadora, pela paciência (e ela teve muita paciência comigo...rsrsrs), pelos sábios conselhos.

Agradeço aos Professores do DEMA, pela dedicação e apoio nesses anos.

Agradeço à Gauss Empresa Júnior de Estatística. Foi na Gauss onde tive grandes experiências na UFC, foram maravilhosos os dois anos e meio em que eu participei da família Gauss.

Agradeço a todos os meus amigos de estudo, de forma especial Cleiton, Eriton, Marcos Rafael, Sidarta, Bruno Pinheiro, Renata, Laura, Kelly e Janaína. Muito obrigado pelo ombro amigo.

Agradeço aos meus amigos da COELCE (Eudes, Allan, Igor, Rodrigues, Jefferson, Renato, Rosilene, Rosimeire e Célia), com vocês muito aprendi.

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”

São Francisco de Assis

“Si sceglie ciò che si vuole; si ottiene ciò per cui si lotta; si vince se si combatte: quello che voglio veramente, Io, me lo prendo! Il destino è nelle nostre mani: teniamole pulite.”

Antonio Pistarà

“Todos os modelos estão errados, mas alguns modelos são bem úteis.”

Edward W. Deming

RESUMO

Os estudos com o foco em medidas tiveram seu início nos primórdios no século XIX. Primeiramente, tais estudos surgiram a partir das experiências de alguns pesquisadores franceses e alemães, e décadas depois surge a chamada Teoria Clássica de Medida (TCM). Alguns autores apontam que a TCM é bastante limitada e, por causa dessa limitação, surge a Teoria da Resposta ao Item (TRI). A Teoria da Resposta ao Item, muito utilizada na produção de medidas educacionais, é uma teoria que permite medir a habilidade cognitiva de um aluno, o nível de estresse de uma pessoa e o grau de maturidade organizacional de uma empresa. O Sistema de Monitoramento de Arranjos Produtivos (SIMAP) é um sistema computacional desenvolvido no observatório tecnológico da UFC, que permite comparar o desempenho entre empresas conforme 46 critérios pré-estabelecidos por elas e diversas cadeias produtivas. O presente estudo tem como objetivo aplicar a Teoria de Resposta ao Item, em particular, o modelo logístico de 2 parâmetros, para analisar o grau de maturidade em relação às tecnologias de gestão, com base nos dados coletados do SIMAP, que tem como finalidade atual o *benchmarking* competitivo. Os dados utilizados no trabalho são de natureza secundária, provenientes de 39 itens avaliados em 109 empresas cadastradas no SIMAP. O questionário se mostrou consistente, com um Alfa de Cronbach de 0,94. A análise fatorial identificou a unidimensionalidade do instrumento e, do total de 39 itens considerados no estudo, a TRI identificou 37 itens com bom poder de discriminação ($a > 0,7$). A empresa com maior grau de maturidade (67,88) pertence à cadeia produtiva têxtil-confecções e de grande porte (+400 funcionários). Observou-se que a maior parte das empresas (58,72%) está localizada entre os níveis 40 e 50 da escala de maturidade.

Palavras-chave: Tecnologias de Gestão. Teoria da Resposta ao Item. Modelo logístico. SIMAP.

ABSTRACT

Studies focusing on measures had their beginnings in the early nineteenth century. First, such studies have emerged from the experiences of some French and German researchers, and decades after the call comes Classical Theory of Measure (CTM). Some authors suggest that the CTM is quite limited and, because of this limitation arises from the Item Response Theory (IRT). The Item Response Theory, widely used in the production of educational measures, is a theory that allows us to measure the cognitive ability of a student, the stress level of a person and the degree of organizational maturity of a company. The Monitoring System of Productive Arrangements (SIMAP) is a computer system developed at the Technological Centre for UFC, which lets you compare the performance between companies according to 46 criteria pre-established by links and various production chains. This study aims to apply Item Response Theory, in particular, the 2-parameter logistic model to analyze the degree of maturity in relation to management technologies, based on data collected from SIMAP, whose current purpose the competitive *benchmarking*. The data used in the work are of a secondary nature, from 39 items evaluated in 109 companies registered in SIMAP. The questionnaire proved to be consistent, with a Cronbach's alpha of 0.94. Factor analysis identified the dimensionality of the instrument and the total of 39 items considered in the study, the IRT has identified 37 items with good discrimination ($a > 0.7$). The company with the highest degree of maturity (67.88) belongs to the textile and clothing supply chain and large (+400 employees). It was observed that most companies (58.72%) is located between the levels 40 and 50 of the maturity scale.

Keywords: Management Technologies, IRT, logistic model, SIMAP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Exemplo de Curva Característica do Item para o Modelo Logístico de 3 parâmetros	28
Figura 2	Representação gráfica de 6 situações quanto ao número de grupos e tipos de questionário	35
Figura 3	Sistemas de Gestão analisados pelo SIMAP	40
Figura 4	Distribuição das empresas pesquisadas de acordo com o mercado a qual pertencem	44
Figura 5	Distribuição das empresas pesquisadas de acordo com o porte a qual pertencem	45
Figura 6	Distribuição das empresas pesquisadas de acordo com o capital a qual pertencem	45
Figura 7	Distribuição do escore Total	50
Figura 8	Discriminação por Dificuldade	54
Figura 9	Distribuição de frequência do parâmetro de discriminação do item (a)	55
Figura 10	Distribuição de frequência do parâmetro de dificuldade do item (b)	55
Figura 11	Curva de Informação do Teste e Erro padrão	59
Figura 12	Matriz de gráficos para as Curvas Características do Itens analisados	60
Figura 13	Distribuição das empresas entre os níveis da escala de maturidade	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Teste KMO e Teste de Esfericidade de <i>Bartlett</i>	46
Tabela 2	Extração dos autovalores através dos componentes principais	46
Tabela 3	Alfa de Cronbach	48
Tabela 4	Valores da correlação ponto-bisserial calculados para cada item	49
Tabela 5	Proporção de zeros e uns por item	51
Tabela 6	Parâmetros dos Itens - 2ª rodada - métrica (0, 1)	53
Tabela 7	Estatísticas para o parâmetro a e b	54
Tabela 8	Parâmetros dos Itens - 2ª rodada - métrica (50, 10)	57
Tabela 9	Ferramentas com maiores valores de b	58
Tabela 10	Ferramentas com menores valores de b	58
Tabela 11	Valores ordenados da maturidade θ^* , métrica (50,10)	62
Tabela 12	Níveis âncora, itens âncora e probabilidades de implantação das ferramentas - métrica (50, 10)	63
Tabela 13	Níveis quase-âncora, itens quase-âncora e probabilidades de implantação das práticas - métrica (50, 10)	66
Tabela 14	Distribuição dos itens âncoras	67
Tabela 15	Distribuição dos itens quase-âncoras	67
Tabela 16	Probabilidades de implantação das ferramentas - métrica (50, 10)	90
Tabela 16	Probabilidades de implantação das ferramentas - métrica (50, 10)	91

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Considerações iniciais	14
1.2	Justificativa	15
1.3	Objetivos.....	16
1.3.1	Objetivo geral	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
1.4	Estrutura do trabalho.....	16
2	TEORIA CLÁSSICA DE MEDIDA E TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM.....	17
2.1	Considerações Iniciais	17
2.2	Teoria Clássica de Medida	18
2.3	Teoria de Resposta ao Item	21
3	MODELOS MATEMÁTICOS PARA A TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM.....	25
3.1	Cosiderações Iniciais	25
3.2	Modelos de Desdobramento	25
3.3	Modelos Cumulativos	26
3.3.1	Modelos Logísticos.....	26
3.3.1.1	Modelo logístico de 3 parâmetros (ML3).....	27
3.3.1.2	Modelo logístico de 2 parâmetros (ML2).....	28
3.3.1.3	Modelo logístico de 1 parâmetro (ML1)	28

3.3.2	Função de Informação do Item	29
3.3.3	Função de Informação do Teste	29
3.3.4	Suposições do modelo	30
3.3.5	Estimação dos parâmetros e habilidades	31
3.3.6	Interpretação dos parâmetros do modelo	32
3.3.6.1	Interpretação do parâmetro a	32
3.3.6.2	Interpretação do parâmetro b	33
3.3.6.3	O parâmetro de maturidade organizacional θ	33
3.3.7	Equalização	34
3.3.8	Escala do Grau de maturidade	35
4	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	38
4.1	Processo de pesquisa.....	38
4.2	Pesquisa desenvolvida.....	38
4.3	Delimitação do tema.....	38
4.4	Sistema de Monitoramento de Arranjos produtivos	39
4.4.1	Objetivos e Metodologia do SIMAP	39
4.5	Participantes da pesquisa	40
4.6	Instrumento para coleta de dados	41
4.7	Limitações do Estudo	42
4.8	Programas computacionais utilizados.....	42
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	44
5.1	Caracterização da Amostra	44
5.2	Análise Fatorial (AF)	45
5.2.1	Pressupostos para a aplicação da AF	46
5.2.2	Fatores e variância total	46
5.3	Análise dos itens.....	46

5.4	Aplicação do Modelo logístico de 2 parâmetros	52
5.4.1	Função de Informação do teste e do item	59
5.4.1.1	Interpretação do Parâmetro θ	60
5.4.1.2	Escala de Maturidade	61
5.4.1.3	Localização das empresas na Escala do Grau de Maturidade	67
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
6.1	Aplicação da Análise Fatorial	68
6.2	Aplicação da TRI	68
6.3	Considerações finais	69
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXO - QUESTIONÁRIO SIMAP	72
	APÊNDICE	77
6.1	A - Curva característica e Curva de informação dos itens	77
6.2	B - Probabilidades de implantação das ferramentas	90
6.3	C - Comandos R	92

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo fornece uma breve apresentação do que será encontrado neste trabalho, com o intuito de mostrar ao leitor a sua importância, apresentando também os objetivos deste estudo.

1.1 Considerações iniciais

Crescer, desenvolver, criar, investir, ampliar, minimizar, maximizar, entre outros, são verbos que fazem parte do dia a dia de empresas do mundo inteiro. Com o avanço tecnológico nos dias atuais, as empresas devem acompanhar tal avanço ou, então, naturalmente serão “esquecidas”. No decorrer da história, as empresas sofreram mudanças em suas formas de administração que resultaram em uma mudança na forma de atuação no mercado. A partir das necessidades do mercado, foram surgindo teorias para as diversas áreas do conhecimento.

De forma não muito diferente, a gestão organizacional também passou por mudanças ao longo do tempo. Os tempos modernos exigem cada vez mais das empresas adaptação rápida e dinâmica às novas exigências de seus consumidores e como melhor satisfazê-los é um dos pontos principais a se responder.

O Sistema de Monitoramento de Arranjos Produtivos (SIMAP) é uma ferramenta dinâmica desenvolvida no Observatório Tecnológico do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará. Esse sistema avalia as empresas sob a perspectiva de sete subsistemas, que englobam ferramentas de gestão, avaliando o grau de aplicação dessas ferramentas (ARAÚJO *et al.*, 2011).

As práticas de gestão selecionadas para a utilização no sistema foram definidas por uma equipe de especialistas através da técnica DELPHI¹. Atualmente, além do *benchmarking*, o SIMAP também fornece uma análise descritiva dos dados com tabelas e gráficos de frequência sendo de grande interesse de seus idealizadores a aplicação de técnicas es-

¹É uma técnica para a busca de um consenso de opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros.

tatísticas em análises mais complexas (NOGUEIRA, 2012).

Nos dias atuais, a Teoria da Resposta ao Item (TRI) vem sendo utilizada nas mais diversas áreas do conhecimento, tendo, aqui no Brasil, seu início na área educacional, e primeira aplicação em 1995, na análise dos dados do Sistema Nacional de Ensino Básico (SAEB) (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

Trabalhos desenvolvidos por Alexandre *et al.* (2001), Alexandre *et al.* (2002a) e Alexandre *et al.* (2002b) criaram interpretações dos parâmetros de alguns modelos propostos pela TRI para a Gestão pela Qualidade Total (GQT). Em especial, o trabalho de Alexandre *et al.* (2002a) estuda a aplicação das práticas da GQT no setor manufatureiro cearense, cujo instrumento de medição (questionário) foi elaborado segundo a escala de Likert com cinco categorias.

Trabalhos realizados por Bosi (2010) e Oliveira (2010) utilizam a TRI na avaliação do grau de maturidade de empresas em relação às práticas de GQT. Nogueira (2012) utiliza a TRI (modelo de escala Gradual) para avaliar o grau de maturidade de empresas quanto às tecnologias de gestão.

Neste estudo pretende-se aplicar a Teoria da Resposta ao Item, em particular o modelo logístico de 2 parâmetros, com resposta dicotômica, para identificar, através das informações contidas no SIMAP, as empresas que apresentam um maior grau de maturidade em relação à aplicação das tecnologias de gestão analisadas no sistema e identificar as ferramentas que apresentam um maior poder de discriminação. Também se pretende aplicar a técnica de Análise Fatorial a fim de verificar a dimensionalidade do modelo proposto e dar base aos resultados encontrados através da TRI.

1.2 Justificativa

Nos dias atuais, na era Pós-moderna em que vive a humanidade, as tecnologias, a cada dia que passa, estão cada vez mais auxiliando a tomada de decisão. As Empresas, institutos público ou privado, utilizam destas tecnologias para decidir o “melhor” caminho a seguir. Arelado a esse desenvolvimento tecnológico e em conjunto com a evolução da informática, as ferramentas estatísticas também não “ficaram para trás”, estas são cada vez mais complexas e de grande contribuição para a ciência de forma geral. O presente estudo irá utilizar a Teoria da Resposta ao Item, em particular o modelo logístico de 2 parâmetros na análise de informações obtidas a partir do SIMAP que tem como objetivo o *benchmarking* competitivo. A motivação para este estudo é a escassez de trabalhos com

aplicação da TRI na área de Tecnologias de Gestão.

1.3 Objetivos

Os seguintes objetivos foram estruturados para traçar as diretrizes do presente trabalho:

1.3.1 Objetivo geral

A presente monografia tem por objetivo geral aplicar a Teoria de Resposta ao Item, de forma particular o modelo logístico de 2 parâmetros, com a finalidade de medir o grau de maturidade das empresas participantes do SIMAP, em relação às tecnologias de gestão.

1.3.2 Objetivos específicos

- a. Verificar a dimensionalidade dos dados por meio da técnica multivariada de análise fatorial;
- b. Estimar os parâmetros do modelo logístico de 2 parâmetros na TRI;
- c. Analisar as empresas participantes do SIMAP, quanto ao seu grau de maturidade em relação às ferramentas de gestão através da TRI .

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho terá a seguinte estrutura:

❶ No Capítulo 2 constará a parte introdutória do estudo, onde será feita a apresentação da Teoria Clássica de Medida e a partir disso o surgimento da Teoria da Resposta ao Item, bem como o surgimento da mesma no Brasil;

❷ O Capítulo 3 é dedicado à ferramenta de análise estatística da Teoria de Resposta ao Item, no qual serão apresentadas as particularidades da técnica além da apresentação do modelo a ser utilizado;

❸ No Capítulo 4 será apresentada a metodologia utilizada neste trabalho;

❹ No Capítulo 5 são apresentados os resultados e discussões;

❺ O Capítulo 6 contém as conclusões e considerações finais do trabalho.

2 TEORIA CLÁSSICA DE MEDIDA E TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM

O presente capítulo apresenta os conceitos básicos da Teoria Clássica de Medida (TCM) e seu contexto de surgimento e também contextualiza o momento do surgimento da Teoria da Resposta ao Item (TRI).

2.1 Considerações Iniciais

Araújo, Andrade e Bortolotti (2009) afirmam que estudos com o foco em medida teve seus primórdios no século XIX; tudo começando com os trabalhos desenvolvidos por psiquiatras franceses e alemães que buscavam verificar a influência da doença mental em habilidades motoras, sensoriais e cognitivo-comportamentais. Os autores também afirmam que, no mesmo período histórico, muito ajudaram nos estudos de medidas os trabalhos desenvolvidos por pesquisadores ingleses na área genética.

No pensamento de Chachamovich (2007) a necessidade por mensurar fenômenos psicológicos abstratos remontam, na literatura científica, desde o século XIX. Na área de psicometria, entre 1860 e 1870, o físico alemão Gustav Theodor Fechner (1801 - 1887) iniciou as investigações sobre medição de sensações. Interessado em compreender as regras naturais que regem as percepções, o cientista alemão, propôs uma série de experimentos com o foco em mensurar a intensidade das sensações frente à estímulos pré-determinados.

O “experimento das esferas de mármore” tornou-se um clássico e serviu como base para o desenvolvimento das teorias que perdurariam por cerca de meio século. Nele, os sujeitos deveriam segurar na palma da mão diferentes esferas de mármore, todas com as mesmas características externas (cor e tamanho), porém com massas diferentes (CHACHAMOVICH, 2007, pág. 21).

Desta forma, segundo Chachamovich (2007), Fechner procurava elucidar uma fórmula ou função matemática que explicasse a relação entre a massa da esfera e a sensação cor-

respondente. A partir dos trabalhos de Fechner inicia-se a operacionalização da tentativa de medir fenômenos psicológicos.

No século XX, os trabalhos desenvolvidos pelo psicólogo inglês Charles Spearman (1904), conhecido como o pai das análises fatoriais e da proposição de cálculos alternativos para correlações não-paramétricas, contribuíram para o desenvolvimento de metodologias que foram chamadas posteriormente de Teoria Clássica de Medida e Análise Fatorial (CHACHAMOVICH, 2007).

Charles Spearman afirmava que os métodos experimentais em psicologia só poderiam alcançar o status de ciência quando estivessem substanciados por um fator vital e de grande importância chamado mensuração (MICHELL, 1999 *apud* CHACHAMOVICH, 2007).

2.2 Teoria Clássica de Medida

A Teoria Clássica dos Testes (TCT) ou a também conhecida Teoria Clássica de Medida (TCM) é fundamentada na filosofia de que são avaliadas as propriedades psicométricas dos itens (questões), de modo especial, a confiabilidade, isto é, a consistência interna da escala, a análise do item e a validade do construto (GUEWEHR, 2007).

Na Teoria Clássica de Medida, os escores observados em um teste são compostos de um escore verdadeiro mais um erro de medida, este último assumido como aleatório (PRIMI, 2012). A equação básica conhecida como modelo clássico de medida, descreve a relação entre os escores observados, os escores verdadeiros e o erro:

$$X_i = T_i + E_i,$$

sendo :

- X_i : o escore observado para o indivíduo i na variável medida pelo teste,
- T_i : o escore verdadeiro para o indivíduo i na variável medida pelo teste,
- E_i : o erro de medida para o indivíduo i na variável medida pelo teste.

O escore verdadeiro (T_i) pode ser concebido teoricamente de duas maneiras:

- Uma medida da variável em análise, sob condições ideais, usando um instrumento perfeito ou;

- A média de um conjunto de infinitas medidas da mesma variável, no mesmo sujeito, quando estas são independentes, usando um instrumento imperfeito, isto é, com erros de medidas. O que, segundo Ferguson (1981, *apud* PRIMI, 2012), é definida por:

$$T_i = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\sum_{j=1}^k X_i}{K}$$

O escore de erro (E_i) pode ser compreendido como uma variável aleatória associada a eventuais erros ligados às condições particulares de aplicação. Conforme pode ser visto em Alexandre *et al.* (2002a) as causas do erro podem ser compreendidas como:

- Impossibilidade do número infinito de perguntas;
- Impossibilidade de aplicar o questionário um número infinito de vezes;
- Impossibilidade de submeter os questionários a um número infinito de organizações.

Tal erro assume valores positivos e negativos, fazendo, deste modo, que os escores observados sejam ora maiores e ora menores do que os escores verdadeiros. Assume-se que o erro de medida seja não sistemático aleatório, isto é, não mostra tendências sistemática de assumir valores positivos ou negativos. Tal teoria também postula que o valor do escore verdadeiro é fixo entre diferentes aplicações, enquanto o erro tende a variar (PRIMI, 2012).

Baseada em resultados obtidos em provas através de escores brutos ou padronizados, tal teoria, amplamente utilizada na área de psicometria, apresenta várias limitações. Conforme Guewehr (2007) as principais limitações teóricas da TCM são:

- Os parâmetros clássicos dos itens (dificuldade e discriminação) dependem da amostra selecionada e, se a mesma não for representativa da população, os parâmetros dos itens não podem ser considerados válidos para esta população.
- A avaliação de habilidades, proficiência, maturidade organizacional ou aptidões também dependem do teste utilizado. Portanto, testes diferentes que medem a mesma aptidão irão produzir escores diferentes da mesma aptidão para sujeitos idênticos. O mesmo ocorre com testes com índices de dificuldades diferentes.
- Outro problema da teoria clássica é sua orientação para o teste total e não para o item individual. Toda a informação do item deriva de considerações do teste geral,

não sendo possível determinar como o examinado se comportaria diante de cada item individual, diferente da TRI, que considera o item como ponto central.

O Alfa de Cronbach e a Correlação Ponto-bisserial serão medidas utilizadas para avaliar os itens contidos no SIMAP associados a aplicação das ferramentas de gestão.

Alfa de Cronbach: Conforme Litwin (1995, *apud* OLIVEIRA, 2010) o teste de confiabilidade do questionário é imperativo e mede o desempenho de um instrumento (questionário) em uma população evitando o agrupamento de questões (itens) aparentemente relevantes. Confiabilidade em um questionário é definida como o grau com que as medições estão isentas de erros aleatórios. Conforme Andrade e Anjos (2012), é definido por:

$$\alpha = \frac{I}{I - 1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^I s_i^2}{s_T^2} \right)$$

sendo:

- I é o número de itens;
- $\sum_{i=1}^I s_i^2$ é a soma das variâncias dos I itens;
- s_T^2 é a variância dos escores dos testes.

Conforme pode ser visto em Nogueira (2012) o valor α pode variar de 0 a 1 e, teoricamente, é possível encontrar valores negativos, quando a correlação média dos itens é negativa. Nogueira (2012), ainda sugere que, para aceitação do índice α , que os valores sejam superiores a 0,70.

Correlação Ponto-Bisserial: Conforme descrito em Oliveira (2010, pág. 69)

[...]trata-se de um medida estatística da capacidade de discriminação do item, que verifica se um determinado item apresenta correlação significativa com o escore bruto produzido pelo conjunto de itens, podendo ser definida como a correlação de Pearson entre o escore bruto do teste e o escore do item, medido segundo uma escala ordenada de inteiros cujas diferenças entre dois valores sucessivos seja sempre a mesma. Por meio dessa verificação, determinam-se os itens que apresentam consistência interna e se associam bem ao escore que será produzido.

A autora supracitada descreve a correlação polisserial (quando se tem itens politômicos), mas cuja interpretação é a mesma para o caso bisserial (quando se tem itens dicotômicos).

Conforme Andrade e Anjos (2012), a correlação é definida por:

$$\rho_{pb} = \frac{X_a - X_T}{S_T} \sqrt{\frac{p}{1-p}}$$

sendo:

- X_a a média dos escores dos respondentes que acertaram o item;
- X_T a média global dos escores do teste;
- S_T o desvio padrão do teste;
- p a proporção de respondentes que acertaram o item.

Análise Fatorial (AF): Corrar (2007, p. 74) define

[...] A Análise Fatorial é uma técnica estatística que busca, através da avaliação de um conjunto de variáveis, a identificação de dimensões de variabilidade comuns existentes em um conjunto de fenômenos; o intuito é desvendar estruturas existentes, mas que não são observáveis diretamente. Cada uma dessas dimensões de variabilidade comum recebe o nome de fator.

Conforme pode ser visto em Nogueira (2012) é cada vez mais comum o uso da Análise Fatorial em dados e a medida que se cresce o número de variáveis trabalhadas é exigido o conhecimentos sobre o comportamento das mesmas. Portanto, conforme descreve a autora, através da AF pode-se verificar quais variáveis podem atuar juntas e quantas variáveis tem um impacto significativo na análise.

Neste estudo em particular, tem-se um conjunto de itens que serão utilizados para medir a maturidade de empresas com base nas ferramentas de gestão utilizadas e pretende-se através da aplicação da Análise Fatorial verificar a dimensionalidade dos dados.

2.3 Teoria de Resposta ao Item

Ainda no “amanhecer” do século XX, o pesquisador norte americano Louis Leon Thurstone (1887 – 1955) deu uma grande contribuição na construção de medidas de traço latente, de forma especial na medida de atitude. Em suas pesquisas o autor desenvolveu um método de medida estatístico chamado “Lei dos julgamentos comparativos” que, segundo Araujo, Andrade e Bortolotti (2009), pode ser visto como o precursor probabilístico da Teoria de Resposta ao Item.

Pasquali e Primi (2003) afirmam que Thurstone, na década de 30 do século passado, já tinha percebido as limitações impostas pela TCM, ressaltando que o objeto a ser medido não poderia ser seriamente afetado pelo instrumento de medida (questionário). Na década de 50, a Teoria Clássica de Medida já se encontrava bastante consolidada. Apesar de Thurstone já ter citado tais problemas da TCM no seu tempo, o pesquisador, segundo afirma Pasquali e Primi (2003), não conseguiu encontrar uma solução para o mesmo.

Neste contexto do desenvolvimento da psicometria, a chamada Teoria da Resposta ao Item (TRI) surge como uma alternativa aos limitantes da Teoria Clássica de Medida, pois a mesma busca sair dessa associação com o geral (instrumento de medida) para uma associação mais particular (questões ou itens do instrumento de medida), ou seja, a análise não está mais ligada ao questionário como um todo e sim aos itens que compõem o questionário.

A partir da TRI fica possível a comparação entre indivíduos que não foram submetidos às mesmas provas. Na TCM exigia-se os chamados testes paralelos. Nos dias atuais, em diversos ramos da ciência, vem crescendo a procura pela TRI, pois além dela ser uma opção à Teoria Clássica de Medida, tal teoria propõe modelos para traço latente, isto é, características do indivíduo que não podem ser observadas diretamente. A variável latente deve ser analisada a partir da observação de variáveis secundárias com as quais esteja relacionada (ANDRADE, TAVARES; VALLE, 2000).

Na literatura estatística, os primeiros modelos para variáveis latentes foram apresentados nos estudos de Lawley (1943), Guttman (1950) e Lazarsfeld (1950). A TRI ganhou força a partir do artigo intitulado “A theory of test scores” de autoria do pesquisador Frederic Lord (1952) que, com esta pesquisa, deu início ao desenvolvimento formal da Teoria de Resposta ao Item.

Andrade, Tavares e Valle (2000) afirmam que os primeiros modelos de resposta ao item surgiram na década de 1950, onde em tais modelos considerava-se que uma única habilidade (traço latente) de um único grupo estava sendo medida por um teste onde os itens eram respondidos de maneira dicotômica. Inicialmente, estes modelos sugeridos na década de 50 foram desenvolvidos na forma de uma função ogiva normal e, posteriormente, foram escritos para uma forma mais conveniente, que vem sendo utilizada até então: a forma logística.

Segundo Araujo, Andrade e Bortolotti (2009), o trabalho desenvolvido por Lord (1952) fez com que a TRI ganhasse força, além de contribuir para o desenvolvimento de programas para computadores, algo fundamental para aplicar a teoria na prática. No ano de 1968,

Lord, juntamente com Novick, elaboraram um livro no qual estabeleceram várias teorias estatísticas de escores de teste mental. No pensamento de Pasquali e Primi (2003) os trabalhos desenvolvidos por Lord (1952), Lazarsfeld (1959), e por Rasch (1960) foram de crucial importância para o desenvolvimento da TRI. Ainda conforme os autores, tais trabalhos são as bases da Teoria de Resposta ao Item, também conhecida como teoria do traço latente. Portanto, conforme esquematizam os autores, a teoria sugerida por Lord em 1952 foi axiomatizada por Birnbaum em 1968 e Lord em 1980.

O que pode parecer estranho nesta história é o fato de que o problema levantado por Thurstone tenha sido detectado já nos anos 30 e que a resposta já tinha sido dada nos anos 60. Por que então a nova teoria somente veio a ser utilizada nos anos 80? A resposta está no fato de que a solução dada ao problema da independência do instrumento de medida em relação ao objeto de medida, que a Teoria da Resposta ao Item propôs, apresentava algoritmos matemáticos de tal complexidade que a tecnologia computacional da época era incapaz de resolver de uma maneira útil e prática (PASQUALI e PRIMI, 2003, pág. 2).

Segundo Andrade, Tavares e Valle (2000) a TRI sugere uma forma de representar a relação entre a probabilidade de um indivíduo dar uma resposta a um item e seu traço latente, proficiência ou habilidade na área de conhecimento avaliada.

Uma das grandes vantagens da TRI sobre a teoria clássica é que ela permite a comparação entre populações, desde que submetidas a provas que tenham alguns itens comuns, ou ainda, a comparação entre indivíduos da mesma população que tenham sido submetidos a provas totalmente diferentes. Isto porque uma das principais características da TRI é que ela tem como elementos centrais os itens, e não a prova como um todo. (ANDRADE; TAVARES; VALLE ,2000, Pág. 3)

Com o surgimento da TRI vários limitantes da teoria clássica de medida foram superados. Na área da educação, por exemplo, é possível avaliar o desenvolvimento de uma determinada série de um ano para outro ou, então, comparar a proficiência de alunos provenientes de escolas públicas e privadas. Na área psicossocial Granger *et al.* (1998, *apud* ALEXANDRE *et al.*, 2002a) estudam o padrão de proficiência do profissional na realidade norte-americana.

Na área de marketing, Bayley (2001, *apud* ALEXANDRE *et al.*, 2002a) investiga o nível de satisfação dos clientes de uma determinada empresa pública australiana. Bosi(2010), Oliveira (2010) e Nogueira(2012) também utilizam a TRI na área de Qualidade. Portanto, diversas são as áreas que utilizam ou já utilizaram alguma metodologia da TRI.

Na realidade do Brasil, a TRI começou a ser aplicada no ano de 1995, na área educacional, mais especificamente na análise de resultados dos sistema nacional de ensino básico

(SAEB). Um nome de grande expoente no campo da TRI no Brasil é o pesquisador Dalton Francisco de Andrade que começou suas pesquisas na TRI naquele ano de início da TRI em solo brasileiro, tal pesquisador se destaca pois foi pioneiro na utilização da TRI na área educacional brasileira.

3 MODELOS MATEMÁTICOS PARA A TEORIA DA RESPOSTA AO ITEM

Neste Capítulo serão apresentados os modelos matemáticos da TRI que serão usados nesta monografia.

3.1 Cosiderações Iniciais

A Teoria de Resposta ao Item fornece modelos para traços latentes (quantidades que não são mensuráveis de forma direta), propondo formas de representar a relação entre a probabilidade de um indivíduo dar uma certa resposta a um item, as características dos itens e seus traços latentes (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

Segundo Andrade, Tavare e Valle (2000) vários são os modelos de respostas ao item propostos na literatura estatística, estes modelos se distinguem na forma matemática da função característica do item e/ou no número de parâmetros especificados no modelo. Os modelos da TRI podem conter um ou mais parâmetros relacionados aos itens e aos indivíduos. Convém destacar que, substancialmente, os modelos da Teoria de Resposta ao Item se dividem em duas formas: Modelos Cumulativos e Modelo de Desdobramento.

3.2 Modelos de Desdobramento

Conforme Andrade e Bortolotti (2007) os modelos de desdobramento são modelos de probabilidade cujos parâmetros dos indivíduos e dos itens são colocados numa mesma escala, tais parâmetros são agrupados de forma que o parâmetro do indivíduo fique alocado de acordo com a opinião do respondente e os parâmetros dos itens localizados nessa mesma escala de acordo com o seu conteúdo. Estes modelos se distinguem pelo fato de serem modelos de proximidade, ou seja, as categorias de respostas mais altas são mais prováveis quando a distância entre o parâmetro do indivíduo e o de posição do item na escala

diminuem, portanto a probabilidade de um indivíduo dar uma resposta correta ao item está em função da distância entre o parâmetro de um indivíduo e o de posição do item na escala.

3.3 Modelos Cumulativos

Os modelos cumulativos da TRI são modelos onde a probabilidade de um indivíduo dar uma resposta correta ao item aumenta com o crescimento do seu traço latente, isto é, quanto maior for a habilidade, proficiência ou maturidade do indivíduo maior será a probabilidade de acerto do indivíduo naquele item (ANDRADE; BORTOLOTTI, 2007).

Vários são os modelos propostos pela TRI de natureza cumulativa, onde podem ser citados: modelo de resposta gradual proposto por Samenjima em 1969, modelo de resposta nominal desenvolvido por Bock em 1972, modelo de crédito parcial formulado por Muraki em 1992, entre outros. Também é importante citar os modelos dicotômicos cumulativos, ou seja, modelos para itens de múltipla escolha dicotomizados (cuja correção é certo ou errado) ou para análise de itens de resposta livre, mas sendo corrigidos de forma dicotomizada.

3.3.1 Modelos Logísticos

No mundo prático, os modelos logísticos para itens dicotômicos são modelos de resposta ao item muito usados. Esses modelos podem ser diferenciados pelo número de parâmetros que utilizam para descrever o item. Tais modelos são conhecidos como os modelos logísticos de 1, 2 e 3 parâmetros, que consideram, respectivamente:

- somente a dificuldade do item;
- a dificuldade e a discriminação;
- a dificuldade, a discriminação e a probabilidade de resposta correta dada por indivíduos de baixa habilidade.

3.3.1.1 Modelo logístico de 3 parâmetros (ML3)

Andrade, Tavares e Valle (2000) afirmam que dos modelos propostos pela TRI, o modelo logístico unidimensional de 3 parâmetros é de grande utilidade, sendo dado por:

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

com $i = 1, 2, \dots, I$ (Itens) e $j = 1, 2, \dots, n$ (Indivíduos) sendo:

➔ U_{ij} : uma variável dicotômica que assume os valores 1, quando o indivíduo j responde corretamente o item, ou 0 quando o indivíduo não responde corretamente ao item i ,

➔ θ_j representa a habilidade, proficiência ou maturidade (traço latente) do j -ésimo indivíduo,

➔ $P(U_{ij} = 1|\theta_j)$ a probabilidade de um indivíduo j com habilidade θ_j responder corretamente o item i , conhecida na literatura estatística como Função de Resposta do Item (FRI),

➔ b_i o parâmetro de dificuldade (ou de posição) do item i , medido na mesma escala da habilidade,

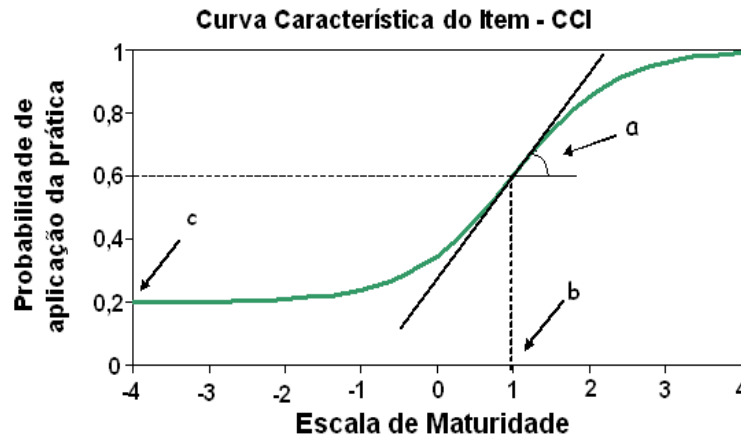
➔ a_i o parâmetro de discriminação (ou de inclinação) do item i , com valor proporcional à inclinação da curva característica do item (CCI) no ponto b_i ,

➔ c_i o parâmetro do item que representa a probabilidade de indivíduos com baixa habilidade responderem corretamente o item i (muitas vezes referida como a probabilidade de acerto casual),

➔ D um fator de escala, constante e igual a 1. Utiliza-se o valor 1,7 quando deseja-se que a função logística forneça resultados semelhantes ao da função ogiva normal.

A Figura 1 apresenta $P(U_{ij} = 1|\theta_j)$ em função da escala de maturidade, resultando em uma curva em forma de “S”. A probabilidade de aplicar um item em particular para o nível mais baixo de maturidade é próxima de 0,2. Aumentando-se este nível, a probabilidade de aplicação do item aproxima-se de 1.

Figura 1: Exemplo de Curva Característica do Item para o Modelo Logístico de 3 parâmetros



Fonte: Oliveira (2010)

Esta curva descreve a relação entre a probabilidade de resposta correta e o grau de maturidade, sendo conhecida como Curva Característica do Item (CCI). Em um conjunto de itens, cada um terá sua própria CCI (BAKER, 2001).

3.3.1.2 Modelo logístico de 2 parâmetros (ML2)

Quando não existe possibilidade de acerto ao acaso, considera-se $c_i = 0$ no modelo ML3 e tem-se o modelo logístico de 2 parâmetros, dado por:

$$P(U_{ij} = 1|\theta_j) = \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_i)}} \quad (3.1)$$

com $i = 1, 2, \dots, I$ (Itens) e $j = 1, 2, \dots, n$ (Indivíduos).

3.3.1.3 Modelo logístico de 1 parâmetro (ML1)

Se além de não ser possível a resposta ao acaso, ainda for considerado todos os itens com o mesmo poder de discriminação (igual a 1), tem-se o chamado modelo logístico de 1 parâmetro, também conhecido como modelo Rasch, dado por:

$$P(U_{ij} = 1|\theta_j) = \frac{1}{1 + e^{-D(\theta_j - b_i)}} \quad (3.2)$$

com $i = 1, 2, \dots, I$ (Itens) e $j = 1, 2, \dots, n$ (Indivíduos).

3.3.2 Função de Informação do Item

Uma medida de bastante utilidade, usada em conjunto com a curva característica do item, é a chamada função de informação do item. Tal medida permite analisar quanto um item contém de informação para a medida de habilidade. A função de informação do item é dada por:

$$I_i(\theta) = \frac{\left[\frac{d}{d\theta}P_i(\theta)\right]^2}{P_i(\theta)Q_i(\theta)},$$

sendo:

- $I_i(\theta)$ é a informação fornecida pelo item i no nível de habilidade θ ,
- $P_i(\theta) = P(U_{ij} = 1|\theta)$ e
- $Q_i(\theta) = 1 - P(U_{ij} = 1|\theta)$.

Conforme Baker (2001) para os três modelos da logística tem-se:

Modelo logístico de 3 parâmetros:

$$I_i(\theta) = D^2 a_i^2 \frac{Q_i(\theta)}{P_i(\theta)} \left[\frac{P_i(\theta) - c_i}{1 - c_i} \right]^2$$

Modelo logístico de 2 parâmetros:

$$I_i(\theta) = a_i^2 P_i(\theta) Q_i(\theta)$$

Modelo logístico de 1 parâmetro:

$$I_i(\theta) = P_i(\theta) Q_i(\theta) \text{ desde que } a_i = 1.$$

3.3.3 Função de Informação do Teste

A informação fornecida pelo teste nada mais é do que a soma das informações fornecidas por cada item que compõe o mesmo:

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^I I_i(\theta). \quad (3.3)$$

Uma outra forma de representar esta função de informação do teste é através do erro-padrão de medida, chamado de erro padrão de estimação, dado por :

$$Ep(\theta) = \frac{1}{\sqrt{I(\theta)}}. \quad (3.4)$$

É importante perceber que essas medidas de informação dependem do valor de θ . Desta forma, a amplitude do intervalo de confiança para θ dependerá também do seu valor.

3.3.4 Suposições do modelo

Na TRI é importante que os dados, a serem analisados, atendam a algumas exigências, gerando boa adequação ao modelo utilizado e fornecendo resultados confiáveis.

Unidimensionalidade:

Segundo Andrade, Tavares e Valle (2000) para a aplicação dos modelos apresentados na seção 3.3.1 faz-se necessário que a unidimensionalidade seja atendida, ou seja, tal suposição refere-se à homogeneidade do conjunto de itens que supostamente devem estar medindo um único traço latente. Em outras palavras, deve haver somente uma habilidade associada a todos os itens da prova.

Andrade, Tavares e Valle (2000, pag. 16) afirmam:

[...] Parece claro que qualquer desempenho humano é sempre multiterminado ou multimotivado, dado que mais de um traço latente entra na execução de qualquer tarefa. Contudo, para satisfazer o postulado da unidimensionalidade, é suficiente admitir que haja uma habilidade dominante (um fator dominante) responsável pelo conjunto de itens. Este fator é o que se supõe estar sendo medido pelo teste.

No mundo prático, quando se trata de um conjunto de informações, elas geralmente estão associadas a mais de uma habilidade, necessitando admitir a existência de uma habilidade dominante para que seja satisfeita a condição de unidimensionalidade. Conforme Nogueira (2012) geralmente utiliza-se a técnica multivariada de análise fatorial para verificar tal requisito. Conforme Reckase (1979, *apud* NOGUEIRA, 2012), se o primeiro fator corresponder a pelo menos 20% da variância total confirma-se a unidimensionalidade.

Independência local:

Outra suposição de bastante importância é a independência local, ao qual assume que para uma dada habilidade as respostas aos diferentes itens da prova sejam independentes.

Esta suposição é fundamental para o processo de estimação dos parâmetros do modelo. É importante ressaltar que, sendo a suposição de unidimensionalidade satisfeita, isto implica, automaticamente, em independência local.

Andrade, Tavares e Valle (2000, pag. 17) escrevem:

Uma outra suposição do modelo é a chamada independência local ou independência condicional, a qual assume que para uma dada habilidade as respostas aos diferentes itens da prova são independentes. Esta suposição é fundamental para o processo de estimação dos parâmetros do modelo. Na realidade, como a unidimensionalidade implica independência local [...], tem-se somente uma e não duas suposições a serem verificadas. Assim, itens devem ser elaborados de modo a satisfazer a suposição de unidimensionalidade.

3.3.5 Estimação dos parâmetros e habilidades

Na literatura da TRI a estimação dos parâmetros dos itens é chamada de *calibração*. Conforme Andrade, Tavares e Valle (2000) esta é uma das etapas mais importantes na TRI. Os autores também definem que a probabilidade de uma resposta correta a um determinado item depende somente da habilidade do indivíduo e dos parâmetros que caracterizam o item. Porém, geralmente, ambos são desconhecidos e somente as respostas dos indivíduos aos itens do teste são conhecidas.

Conforme Andrade, Tavares e Valle (2000), o problema da estimação na Teoria de Resposta o Item se resume a estimar dois tipos de parâmetros: os parâmetros dos itens e as habilidades dos indivíduos.

Para o autor o problema pode ser resolvido de três modos:

- Quando já se conhece os parâmetros dos itens e, portanto, tem-se que estimar as habilidades dos indivíduos,
- Quando já se conhece as habilidades dos indivíduos, o que se precisa é a estimação dos parâmetros dos itens e
- Quando é necessário estimar tanto os parâmetros dos itens quanto as habilidades dos indivíduos simultaneamente.

3.3.6 Interpretação dos parâmetros do modelo

A seguir, descreve-se a interpretação dos parâmetros dos itens assim como do grau de maturidade organizacional.

3.3.6.1 Interpretação do parâmetro a

A interpretação desse parâmetro, considerando sua função no modelo estatístico, está associada à discriminação das empresas quanto ao grau de maturidade na aplicação de técnicas de gestão. O valor de a é proporcional à derivada da tangente da curva no ponto b (ponto de inflexão, onde a curva muda de concavidade).

Em virtude do modelo estatístico utilizado teoricamente, o parâmetro a pode se situar no intervalo de $-\infty$ a $+\infty$, porém, quando esses valores se apresentam negativos, isto é, o formato da curva característica do item fica invertido, isto quer dizer que, à medida que uma empresa cresce no seu grau de maturidade, a probabilidade dela ter a ferramenta de gestão implementada decresce e, também significaria, por outro lado que, à medida que o grau de maturidade de uma empresa decresce, maior seria a probabilidade de implementação da ferramenta de gestão, o que geraria um contrassenso em ambos os casos, já que por se tratar de um modelo de natureza cumulativa quanto maior a maturidade maior será a implementação da ferramenta de gestão.

Nesta perspectiva, tem-se que, valores de a negativos não são esperados. Entretanto, valores positivos e altos do parâmetro a levam o ponto de intersecção na curva característica para a parte mais íngreme da curva e, conseqüentemente, a diferença entre as probabilidades de implementação da prática entre as empresas que apresentam diferentes graus de maturidade é maior. Por outro lado, à medida que a tende a zero, a curva perde a forma de “S” (chamada também de forma sigmoideal) na sua inclinação, ficando mais achatada, significando que empresas com diferentes níveis de maturidade tem aproximadamente a mesma probabilidade de ter a ferramenta implantada.

Conforme Pasquali e Primi (2003), a discriminação do item (a) vai de zero a três, onde zero significa nenhuma discriminação e 3 discriminação alta, isto é, tornaria o item praticamente dicotômico, separando as empresas em dois grupos.

O parâmetro a permite, também, verificar a qualidade dos itens. Hambleton e Swaminathan (1985, *apud* BOSI, 2010) mostram que os itens onde o parâmetro a mais se aproxima de 1 são os que possuem melhor poder de discriminação. Portanto, no presente trabalho, considerar-se-á que valores de a menores que 0,7 são inadequados e os itens que

assim se apresentaram serão eliminados do estudo, uma vez que o número de empresas respondentes analisadas foi igual a 109, quantidade relativamente pequena para sustentar afirmações para o parâmetro a menor que este valor.

3.3.6.2 Interpretação do parâmetro b

Conforme pode ser visto em Alexandre *et al.* (2002a), o cálculo deste parâmetro, a partir do processo de calibração, é apresentado na mesma escala do grau de maturidade θ , tornando possível a comparação, neste particular, entre as empresas nos diferentes aspectos relacionados às práticas da ferramenta de gestão. Os autores ainda abordam que, na área educacional, tal parâmetro está associado à dificuldade de um indivíduo responder corretamente uma questão. No contexto do presente trabalho, ele está associado ao grau de dificuldade de uma organização em implementar a prática da ferramenta de gestão, isto significa dizer que, a medida que b cresce, aumenta o grau de dificuldade de implantação das práticas das técnicas de gestão e vice e versa.

Conforme Andrade, Tavares e Valle (2000) o fato do parâmetro b apresentar-se na mesma escala do parâmetro θ configura-se como uma vantagem significativa dos modelos da TRI em relação à TCM, uma vez que ambos os parâmetros se encontram em uma mesma escala é possível compará-los entre distintas empresas dentro da escala de maturidade. Portanto, conforme afirma o autor, a premissa dessa interpretação reside na afirmativa de que as empresas que ainda não despertaram, de fato, para o modelo das técnicas de ferramentas de gestão, serão aquelas que tem maiores dificuldades na implantação das práticas pela tecnologia de gestão.

3.3.6.3 O parâmetro de maturidade organizacional θ

Conforme Webster (1998, *apud* OLIVEIRA, 2010), maturidade é estar amadurecido ou ter alcançado um estado natural máximo ou total de desenvolvimento. Para Andersen e Jessen (2003) a maturidade é uma qualidade ou estado de amadurecimento, conforme, ainda, os autores, para se aplicar o conceito de maturidade em uma organização, relacionando a maturidade com o estado no qual a empresa está em perfeita condições para alcançar seu objetivos.

Segundo Camp (1998, *apud* NOGUEIRA, 2012) a maturidade é alcançada quando há a incorporação, por parte da empresa, das melhores práticas do mercado, assegurando a superioridade. Ainda segundo o autor, ela é alcançada quando o *benchmarking* se torna permanente e essencial ao processo gerencial, feito em todos os níveis apropriados da

organização e não apenas por especialistas.

Andrade, Tavares e Valle (2000), desenvolvem a TRI tomando como base a área educacional, onde são medidas e comparadas as habilidades de indivíduos diante de um teste aplicado. No presente estudo, o grau de maturidade de uma empresa em relação às tecnologias de gestão é o foco da investigação e, neste particular, toma o lugar da habilidade do caso educacional.

Desta forma, o grau de maturidade organizacional (θ), teoricamente, pode assumir valores entre $-\infty$ e $+\infty$ e, ainda conforme os autores acima citados é necessário estabelecer uma origem e uma unidade de medida para a definição da escala e esses valores são escolhidos de modo a representar, respectivamente, o valor médio e o desvio-padrão do grau de maturidade das empresas.

Empresas com alto valor de θ possuirão um alto grau de maturidade organizacional, significando desta forma uma satisfatória aplicação das ferramentas de gestão. Empresas com baixo valor de θ possuirão um baixo grau de maturidade organizacional, significando, portanto, uma não satisfatória aplicação das ferramentas de gestão.

3.3.7 Equalização

Segundo Kolen e Brennan (2004, *apud* OLIVEIRA, 2010) a equalização é um processo estatístico utilizado para ajustar escores em conjunto de itens tal que os escores possam ser permutados entre os conjunto de itens. Pode-se exemplificar tal situação quando diferentes conjunto de itens podem ser administrados para várias empresas, na mesma época ou sobre vários anos para acompanhar evoluções, tendências ou mudanças no tempo. Para garantir que as formas do conjunto de itens sejam tão similares quanto possível, com relação ao construto medido, é necessário assegurar-se de especificações estatísticas apropriadas (OLIVEIRA, 2010).

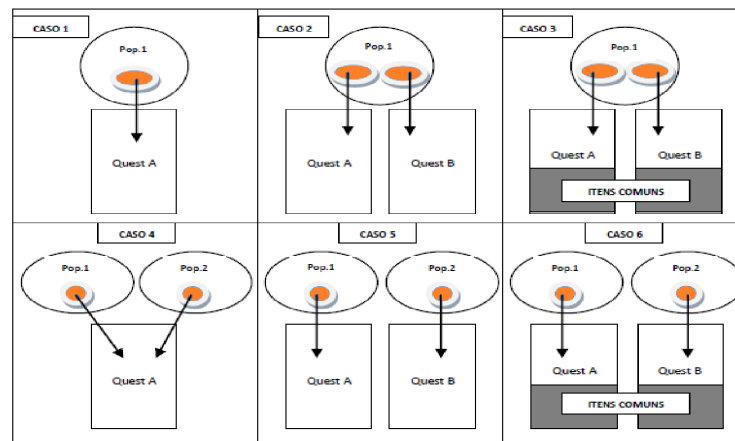
Para Andrade, Tavares e Valle (2000) equalizar significa equiparar ou comparar, colocando na mesma escala (mesma métrica) parâmetros de itens provenientes de diferentes conjuntos de empresas em anos diferentes, possibilitando assim a comparação dos itens.

Há diferentes tipos de equalização na Teoria da Resposta ao Item, adequados de acordo com a natureza do estudo. A representação gráfica destes tipos de equalização é apresentada na Figura 2, a mesmas podem ser enumeradas e citadas, segundo os autores, como:

- Caso 1: Um único grupo fazendo uma única prova,

- Casp 2: Um único grupo, dividido em dois subgrupos, fazendo duas provas, totalmente distintas (nenhum item comum),
- Caso 3: Um único grupo, dividido em dois subgrupos, fazendo duas provas, apenas parcialmente distintas, ou seja, com alguns itens comuns,
- Caso 4: Dois grupos fazendo uma única prova,
- Caso 5: Dois grupos fazendo duas provas, totalmente distintas (nenhum item comum),
- Caso 6: Dois grupos fazendo duas provas, apenas parcialmente distintas, ou seja, com alguns itens comuns.

Figura 2: Representação gráfica de 6 situações quanto ao número de grupos e tipos de questionário



Fonte: Adaptado de Andrade, Tavares e Valle (2000)

Na presente monografia, o estudo investiga uma única população pesquisada, através da aplicação de um único formulário de pesquisa. Pela natureza do problema não se faz necessária equalização.

3.3.8 Escala do Grau de maturidade

Frequentemente, na TRI, utiliza-se a escala (0,1) para o parâmetro θ , isto é, média 0 e variância 1. Valores do parâmetro b e θ pertencerão a esta métrica. Porém, o uso de tal métrica por muitas vezes não é de fácil interpretação. Neste sentido, pode-se utilizar outros valores. A construção da escala visa auxiliar a interpretação dos valores encontrados de θ . Caso não haja interesse em utilizar a escala (0,1) e possível fazer a transformação da mesma para outra métrica qualquer através das seguintes expressões:

$$\begin{aligned}
 \theta^* &= \delta \times (\theta) + \mu \\
 b^* &= \delta \times (b) + \mu \\
 a^* &= \frac{a}{\delta}
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

sendo;

- a : parâmetro de discriminação resultante da escala (0,1);
- a^* : parâmetro de discriminação resultante da escala ($\mu; \delta$);
- b : parâmetro de dificuldade resultante da escala (0,1);
- b^* : parâmetro de dificuldade resultante da escala ($\mu; \delta$);
- μ : média na escala prática transformada;
- δ : desvio na escala prática transformada;
- θ : grau de maturidade na escala (0; 1);
- θ^* : grau de maturidade na escala ($\mu; \delta$).

Utilizando os valores de a^* , b^* e θ^* , é possível obter as probabilidades na escala transformada. A probabilidade de uma empresa apresentar determinada prática é sempre a mesma, independentemente da escala utilizada para medir sua maturidade. Isto significa dizer que, o grau de maturidade em relação às ferramentas da gestão é invariante à escala de medida. Para se fazer a interpretação dos valores dos parâmetros dos itens (a e b), é necessário conhecer a escala na qual foram determinados (ANDRADE; TAVARES; VALLE, 2000).

Para a construção dessa escala de graus de maturidade, deve-se considerar a necessidade de identificação, ou definição, de níveis e itens âncoras que, conforme Andrade, Tavares e Valle (2000, p. 110):

[...] escalas são definidas por níveis âncora, que por sua vez são caracterizados por conjuntos de itens denominados itens âncora. Níveis âncora são pontos selecionados pelo analista na escala da habilidade para serem interpretados comparativamente. Já os itens âncora são itens selecionados, segundo a definição dada abaixo, para cada um dos níveis âncora. Definição de item âncora: Considere dois níveis âncora consecutivos Y e Z com $Y < Z$. Dizemos que um determinado item é âncora para o nível Z se e somente se as 3 condições abaixo forem satisfeitas simultaneamente:

1. $P(U = 1|\theta = Z) \geq 0,65$ e
2. $P(U = 1|\theta = Y) \leq 0,50$ e
3. $P(U = 1|\theta = Z) - P(U = 1|\theta = Y) \geq 0,30$

Em outras palavras, para um item ser âncora em um determinado nível âncora da escala, ele precisa ser respondido corretamente [no caso deste estudo, estar implantado em] por uma grande proporção de indivíduos [de empresas] [pelo menos 65%] com este nível de habilidade [grau de maturidade] e por uma proporção menor de indivíduos [empresas] [no máximo 50%] com o nível de habilidade [grau de maturidade] imediatamente anterior.

Os itens quase âncoras serão divididos em grupos da seguinte forma, de acordo com os requisitos apresentados acima:

- Grupo 1 : Atende aos requisitos 1 e 2;
- Grupo 2: Atende aos requisitos 1 e 3;
- Grupo 3: Atende aos requisitos 2 e 3.

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

No presente capítulo será apresentado e descrita ao leitor a metodologia apresentada para o estudo, portanto será abordada a forma como foi realizado o processo de pesquisa, o tipo de pesquisa desenvolvida, a delimitação do tema, a caracterização dos participantes da pesquisa, o instrumento de coleta de dados, as limitações do estudo e o programa computacional utilizado.

4.1 Processo de pesquisa

A pesquisa realizada nesta monografia teve uma abordagem quantitativa, através de revisão de literatura e análise de dados reais. O objetivo do presente trabalho é analisar o grau de maturidade das empresas com relação às tecnologias de gestão de empresas pertencentes ao sistema SIMAP, que por sua vez faz parte ao Observatório Tecnológico da Universidade Federal do Ceará.

4.2 Pesquisa desenvolvida

Primeiramente realizou-se uma pesquisa bibliográfica acerca da Teoria de Resposta ao Item em livros e artigos científicos publicados em periódicos, de modo particular o modelo logístico de 2 parâmetros. Posteriormente, o mesmo foi feito sobre o Sistema de Monitoramento de Arranjos Produtivos (SIMAP), procurando-se saber os objetivos e metodologia abordados pelo sistema. De forma a compreender, a partir dos objetivos e metodologia, o questionário que é aplicado às empresas.

4.3 Delimitação do tema

Buscando avaliar o grau de maturidade das empresas com relação às tecnologias de gestão utilizou-se a Teoria da Resposta ao Item com o modelo logístico de 2 parâmetros.

Os parâmetros foram estimados e analisados e, em seguida, feita uma ordenação das empresas de acordo com o grau de maturidade na aplicação das tecnologias de gestão. Também foram analisados os itens com relação ao grau de dificuldade dos mesmo.

4.4 Sistema de Monitoramento de Arranjos produtivos

Conforme Araújo *et al.* (2011) o Sistema de Monitoramento de Arranjos Produtivos (SIMAP) consta de um sistema computacional desenvolvido no observatório tecnológico da UFC. Tal sistema foi criado no ano de 2009 com a proposta de ser uma ferramenta que auxilia as empresas no que se refere ao seu posicionamento em relação a algumas ferramentas de gestão. Conforme Nogueira (2012) o SIMAP possui um portal de livre acesso, por parte das empresas que ali estão cadastradas cuja empresa uma vez cadastrada, responde a algumas questões relacionadas às praticas de gestão.

4.4.1 Objetivos e Metodologia do SIMAP

Conforme Araújo *et al.* (2011) o projeto de extensão SIMAP possui os seguintes objetivos:

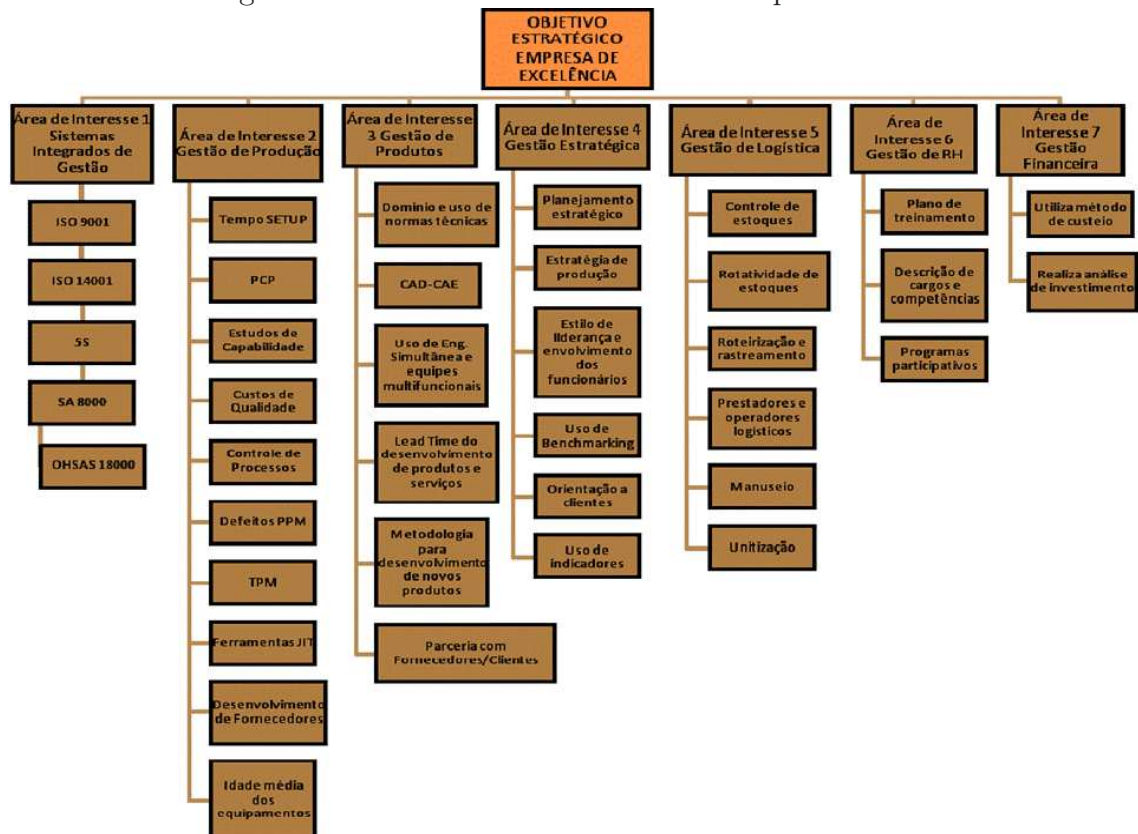
1. Aumento do número de empresas cadastradas, arranjos produtivos e estados;
2. Análise avançada de dados com ferramentas estatísticas *Project R* e DEA;
3. Aumento da interatividade e atratividade para as empresas cadastradas;
4. Internacionalização do simap através da cadeia global de importação e exportação.

A metodologia utilizada pelo SIMAP consta de visitas com entrevistas estruturadas às empresas, para que estas conheçam o sistema e viabilizem o preenchimento do questionário. Os dados são mantidos em sigilo e estes irão compor os relatórios estatísticos compilados pelo sistema, que são apresentados em formas gráficas, que darão suporte à elevação do patamar de gestão das empresas participantes e estudos de correlação entre fatores de sucesso das mesmas. O preenchimento dos dados do questionário e a emissão dos relatórios são totalmente *online* sendo os dados dos relatórios acessíveis em tempo real.

As Práticas de gestão abordadas no escopo do questionário do SIMAP, conforme descritas na figura 3, são:

- Sistema integrado de gestão
- Gestão de produção
- Gestão de produtos
- Gestão estratégicas
- Gestão logística
- Gestão de recursos humanos
- Gestão financeira.

Figura 3: Sistemas de Gestão analisados pelo SIMAP



Fonte: CARMO *et al.* (2009, *apud* NOGUEIRA, 2012)

4.5 Participantes da pesquisa

O SIMAP, até o ano de 2012, contava com aproximadamente 300 empresas cadastradas. O sistema é bastante dinâmico, onde os resultados obtidos podem ser observados de forma *online*. A coleta da amostra foi realizada através de acesso em julho de 2011 na própria

página do sistema. Foi obtido um banco de resposta contendo 271 empresas, porém, neste estudo foram analisadas 109 empresas, devido ao fato de algumas ferramentas de gestão analisadas não serem aplicadas a todas as pesquisas gerando *missing*. Neste trabalho o banco de dados considerado não possui *missings*.

4.6 Instrumento para coleta de dados

O instrumento de coleta de dados abordado pelo SIMAP é um formulário eletrônico, cujo conteúdo há perguntas de identificação e caracterização, questões sobre as ferramentas de gestão, onde as empresas respondentes tem que marcar em qual nível de implementação das ferramentas se encontram, o questionário SIMAP encontra-se no Anexo. As opções de resposta são apresentadas de maneira gradual, contendo as seguintes opções:

- NA = não se aplica;
- 0 = Aplica-se 0%;
- 25 = Aplica-se 25%;
- 50 = Aplica-se 50%;
- 75 = Aplica-se 75%;
- 100 = Aplica-se 100%.

Tendo por princípio que, para ser da categoria 100, a empresa precisa atender 75% ou mais da prática, para a categoria 75 precisa atender entre 50% e 75% da prática, para a categoria 50 precisa atender entre 25% e 50% da prática, para a categoria 25 precisa atender entre acima de 0% e 75% e para a categoria 0 precisa atender 0% da prática. O objetivo do formulário é identificar quais ferramentas de gestão são utilizadas pelas empresas participantes e verificar qual o *benchmarking* de cada setor.

Portanto, o modelo TRI escolhido para este trabalho foi o modelo dicotômico e visando o enquadramento dos resultados da pesquisa neste modelo da TRI, admitiu-se que as respostas assinaladas nas categorias 0, 25 e 50, respectivamente, foram classificadas como 0 (zero), isto é, naquele item a empresa não aplicava satisfatoriamente as tecnologias de gestão e, por outro lado, quando as respostas apontadas foram as categorias 75 ou 100, respectivamente, foram classificadas como 1 (um), ou seja, naquele item a empresa aplicava satisfatoriamente as tecnologias de gestão.

O conjunto de dados utilizados neste trabalho também foi utilizado por Nogueira (2012) procurando avaliar um constructo que medisse o grau de maturidade de empresas, aplicando o modelo de escala gradual.

4.7 Limitações do Estudo

Todas as perguntas foram respondidas no sistema, porém uma particularidade do formulário de pesquisa contribuiu para tal situação, há ferramentas de gestão que não se aplicam a determinados tipos de empresas, desta forma não há como se responder. Optou-se por excluir aquelas que tivessem algum item não respondido. As ferramentas de gestão logística excluídas das análises do presente trabalho foram:

- Fluxo de materiais;
- Fluxo de informação;
- Fluxo financeiro;
- transações comerciais;
- Controle de armazém;
- Sistema de transporte e
- Relacionamento na cadeia de suprimentos

4.8 Programas computacionais utilizados

Nos dias atuais vários são os programas que executam os procedimentos da TRI. Segundo Andrade, Tavares e Valle (2000, pág. 123), tem-se que,

[...] o crescimento e a divulgação da TRI sempre estiveram intimamente ligados ao desenvolvimento paralelo de recursos computacionais que viabilizassem sua utilização. Isto porque as ferramentas matemáticas necessárias para sua aplicação são muito mais complexas do que as técnicas empregadas na Teoria Clássica de Medidas.

Conforme Bosi (2010) programas computacionais com a finalidade de desenvolver procedimentos da TRI são utilizados desde a década de 1970 na Europa e nos Estados Unidos. No princípio tais programas eram desenvolvidos pelos próprios pesquisadores.

Com a expansão da teoria e conseqüentemente do avanço computacional, nos dias atuais já existem vários *softwares* destinados a resoluções via TRI.

Oliveira (2010) afirma que

O TESTFACT (WILSON; WOOD; GIBBONS, 1991) estima parâmetros de itens no modelo ogiva normal unidimensional ou multidimensional. BILOG (MISLEVY; BOCK, 1990) e BILOG-MG (ZIMOWSKI *et al.*, 1996) estimam parâmetros para os modelos ML1, ML2 e ML3 com itens dicotomizados, o primeiro permite analisar as respostas de apenas uma população, enquanto que o segundo, é aplicado para mais de um grupo de respondentes. O MULTILOG (THISSEN, 1991) e o PARSCALE (MURAKI; BOCK, 1993) permitem a estimação de conjuntos de itens que possuam dados dicotômicos ou politômicos.

O *software* utilizado no presente trabalho é o programa *R*, que através do pacote chamado *ltm* faz a estimação (ou calibração) dos itens e também do parâmetro θ , através do método da máxima verossimilhança marginal. A sintaxe do programa utilizado pode ser vista no APÊNDICE C.

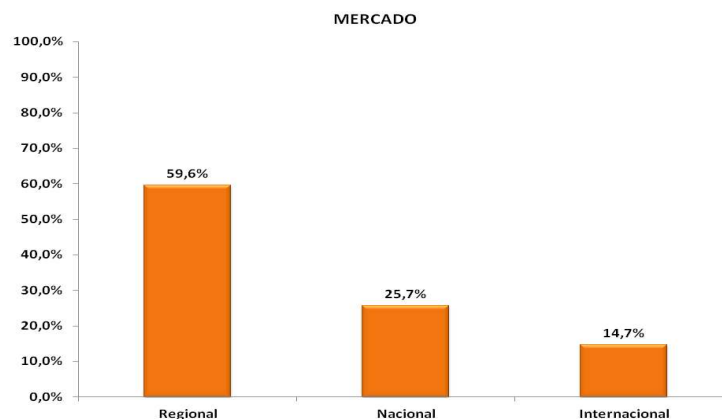
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos através da análise dos dados. A análise inicia com uma caracterização da amostra coletada, logo após foi utilizada a Análise Fatorial com a finalidade de verificar a dimensionalidades dos dados, em seguida aplicou-se a técnica da TRI, calculando-se todos os parâmetros.

5.1 Caracterização da Amostra

A amostra em estudo é composta por 109 empresas e 39 itens, na Figura 4 pode-se perceber que 59,6% das empresas que compõem a amostra estudada possuem mercado regional.

Figura 4: Distribuição das empresas pesquisadas de acordo com o mercado a qual pertencem

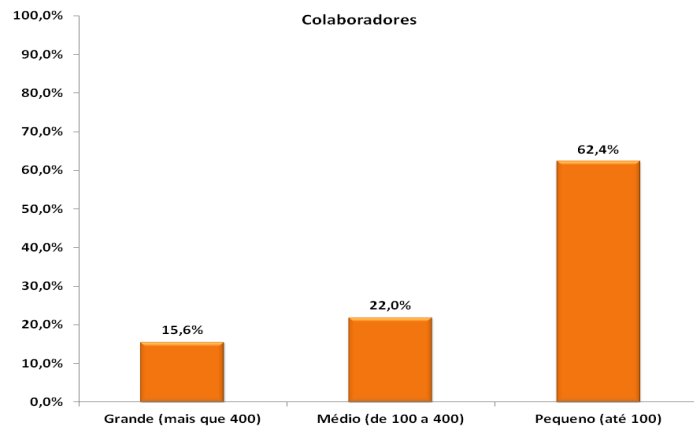


Fonte: Elaborado pelo autor

No que se refere a quantidade de empregados nessas empresas (figura 5), apenas 15,6% das empresas são de grande porte, isto é, possuem mais que 400 empregados, por outro lado a categoria pequeno porte (até 100 empregados) foi a que apresentou maior frequência (62,4%), essas informações podem ser visualizadas na Figura 5.

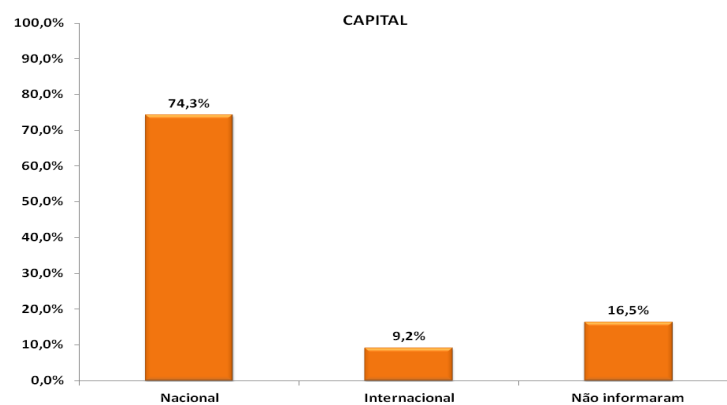
Conforme a Figura 6, 74,3% afirmaram possuir capital nacional, 9,2% possuem capital internacional e 16,5% não informaram o tipo de capital.

Figura 5: Distribuição das empresas pesquisadas de acordo com o porte a qual pertencem



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 6: Distribuição das empresas pesquisadas de acordo com o capital a qual pertencem



Fonte: Elaborado pelo autor

Das empresas estudadas, 93,6% são brasileiras, dentre as empresas brasileiras 70,6% são do Ceará, em seguida tem-se o estado do Rio Grande do Norte (16,5%), seguido pelo Rio Grande do Sul (3,7%), Paraíba (2,8%) e Minas Gerais, Pernambuco e Piauí (todas com 0,9%), quatro empresas não informaram o estado de origem (3,7%).

Como já foi dito, a maioria das empresas possuem sede no Brasil, entretanto, há duas empresas com sede na Espanha, uma na Alemanha e uma nos Estados Unidos.

5.2 Análise Fatorial (AF)

Nesta seção serão apresentados os resultados relacionados a técnica multivariada de Análise Fatorial, a mesma foi utilizada afim de confirmar, através de uma técnica bastante consistente na literatura, os resultados obtidos através da aplicação da TRI.

5.2.1 Pressupostos para a aplicação da AF

O teste KMO e de Esfericidade de Bartlett apresentaram resultados satisfatórios para a aplicação da Análise Fatorial nos dados, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Teste KMO e Teste de Esfericidade de *Bartlett*

Kaiser-Meyer-Olkin de adequação da amostra		0,82
Teste Bartlett's de esfericidade	Aprox. Qui-quadrado	2618,944
	gl	741
	p-valor	< 0,001

Fonte: Elaborado pelo autor

O teste KMO, conforme indica a Tabela 1, apresentou valor superior a 0,50, exigido pela literatura, como sendo indicativo de boa adequação para a aplicação da AF. O teste de Esfericidade de Bartlett apresentou nível descritivo inferior a 0,01, indicando a existência de associação suficiente entre os itens (variáveis) para uma boa adequação da AF.

5.2.2 Fatores e variância total

A Tabela 2 mostra o resultado da extração dos autovalores da análise fatorial pelo método dos componentes principais.

Tabela 2: Extração dos autovalores através dos componentes principais

Fator	Autovalor	Variância	Auto valor Acumulado	Variância Total (%)
1	13,13	0,34	13,13	34%
2	2,42	0,06	15,55	40%
3	2,10	0,05	17,65	45%
4	1,78	0,05	19,43	50%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme foi visto na seção 3.3.4 os resultados de uma AF podem indicar unidimensionalidade se o primeiro fator abranger pelo menos 20% da variância total. Como se observa na Tabela 2, o primeiro fator explica 34% da variância, satisfazendo este critério, logo há indicação que o teste é unidimensional.

5.3 Análise dos itens

Na Teoria Clássica de Medida, para avaliar a qualidade do instrumento utiliza-se da propriedade a fidedignidade. Por meio do *Software R*, via pacote *ltm*, foi verificada a consistência do conjunto de itens através do teste Alfa de Cronbach que para o dados

apresentou valor calculado do índice para o conjunto de item de 0,944, satisfazendo a exigência de pelo menos 0,70.

De acordo com a Tabela 3, pode-se verificar que, considerando todos os itens do questionário e excluindo os itens uma a um, em todas as situações o valor α foi sempre maior 0,90. Como o valor geral foi 0,944, o instrumento pode ser considerado consistente.

Neste trabalho foram obtidos os resultados da correlação ponto-bisserial, conforme apresentados na tabela 4. Através dos resultados os itens 15, 29 e 31 foram os únicos a apresentar correlação abaixo de 0,40, portanto, segundo a TCM são consi-redados os itens com a menor discriminação para a métrica que se deseja construir.

De acordo com Soares (2005, *apud* OLIVEIRA, 2012), o usual é aceitar valores acima de 0,3 para esta correlação. Por outro lado os itens 39, 1 e 33 foram os que apresentaram maior correlação com o escore bruto produzido pelo questionário, segundo a TCM esses são os itens com maior discriminação no questionário.

Tabela 3: Alfa de Cronbach

Instrumento	α
Questionário completo (todos os itens)	0,9437
Questionário parcial (excluindo, por vez, cada item)	-
1. ISO 9001	0,9413
2. ISO 14001	0,9423
3. 5S	0,9432
4. SA 8000	0,9429
5. OSHAS 18000 OU similar	0,9427
6. Tempo de Setup	0,9430
7. PCP	0,9426
8. Estudos de capacidade	0,9422
9. Custos da Qualidade	0,9426
10. Controle de processos	0,9416
11. Defeitos - PPM	0,9427
12. Manutenção corretiva - preventiva-TPM	0,9419
13. Filosofia e Ferramentas JIT	0,9429
14. Desenvolvimento de Fornecedores	0,9431
15. idade média dos equipamentos	0,9454
16. Domínio e uso de normas técnicas	0,9423
17. CAD-CAE	0,9430
18. Uso de Eng. Simultânea e equipes de multifuncionais	0,9418
19. Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços	0,9408
20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos	0,9411
21. Parcerias com fornecedores / clientes	0,9420
22. Realiza planejamento estratégico	0,9413
23. Estratégia de produção	0,9419
24. Estilo de liderança e envolvimento dos empregados	0,9424
25. Uso do benchmarking	0,9417
26. Orientação ao Cliente	0,9414
27. Uso de indicadores	0,9413
28. Controle de estoques	0,9421
29. Rotatividade de estoques	0,9446
30. Prestadores e operadores logísticos	0,9427
31. Manuseio	0,9439
32. Unitização	0,9433
33. Plano de treinamento	0,9413
34. Descrição de cargos e competências	0,9419
35. Programas participativos	0,9420
36. ERP Integrado	0,9419
37. Custeio Direto	0,9426
38. Custeio ABC	0,9418
39. Método de análise de investimento	0,9404

Fonte: Elaborado pelo autor

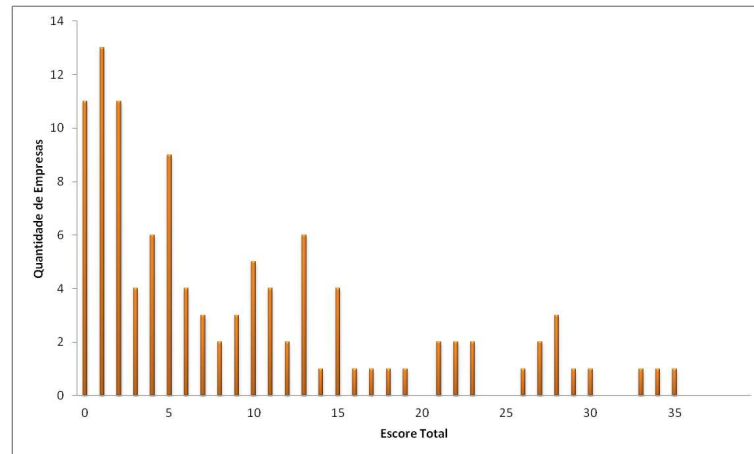
Tabela 4: Valores da correlação ponto-bisserial calculados para cada item

Item	Correlação Ponto-Bisserial
1. ISO 9001	0,6829
2. ISO 14001	0,5968
3. 5S	0,4719
4. SA 8000	0,4879
5. OSHAS 18000 OU similar	0,5061
6. Tempo de Setup	0,4577
7. PCP	0,5350
8. Estudos de capacidade	0,5909
9. Custos da Qualidade	0,5294
10. Controle de processos	0,6476
11. Defeitos - PPM	0,5113
12. Manutenção corretiva - preventiva-TPM	0,6094
13. Filosofia e Ferramentas JIT	0,4852
14. Desenvolvimento de Fornecedores	0,4606
15. idade média dos equipamentos	0,2541
16. Domínio e uso de normas técnicas	0,5800
17. CAD-CAE	0,4718
18. Uso de Eng. Simultânea e equipes de multifuncionais	0,6257
19. Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços	0,7555
20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos	0,7003
21. Parcerias com fornecedores / clientes	0,6042
22. Realiza planejamento estratégico	0,6801
23. Estratégia de produção	0,6096
24. Estilo de liderança e envolvimento dos empregados	0,5661
25. Uso do benchmarking	0,6345
26. Orientação ao Cliente	0,6639
27. Uso de indicadores	0,6766
28. Controle de estoques	0,5963
29. Rotatividade de estoques	0,3053
30. Prestadores e operadores logísticos	0,5029
31. Manuseio	0,3560
32. Unitização	0,4127
33. Plano de treinamento	0,6814
34. Descrição de cargos e competências	0,6149
35. Programas participativos	0,6050
36. ERP Integrado	0,6143
37. Custeio Direto	0,5258
38. Custeio ABC	0,6283
39. Método de análise de investimento	0,7926

Fonte: Elaborado pelo autor

O escore total, isto é a soma de uns obtidos em cada empresa, estão representados na Figura 7.

Figura 7: Distribuição do escore Total



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com a Figura 7, observa-se que há uma concentração de empresas no intervalo de 0 a 10 do escore total. Significando desta forma que a maioria das empresas possuem poucas ferramentas implementadas de forma satisfatória. O escore total médio foi de 9,18 com desvio padrão de 9,18. Desta forma há um coeficiente de variação de 99%, indicando portanto que a distribuição do escore total é bastante heterogênea. As proporções de zeros e uns em cada item estão descritas na Tabela 5.

Percebe-se pela Tabela 5 que todos os itens apresentaram maior proporção para a resposta zero, isto é, para a aplicação não satisfatória da ferramenta de gestão.

Tabela 5: Proporção de zeros e uns por item

Item	0	1
1. ISO 9001	0,70	0,30
2. ISO 14001	0,92	0,08
3. 5S	0,69	0,31
4. SA 8000	0,92	0,08
5. OSHAS 18000 OU similar	0,87	0,13
6. Tempo de Setup	0,85	0,15
7. PCP	0,74	0,26
8. Estudos de capacidade	0,88	0,12
9. Custos da Qualidade	0,83	0,17
10. Controle de processos	0,72	0,28
11. Defeitos - PPM	0,86	0,14
12. Manutenção corretiva - preventiva-TPM	0,79	0,21
13. Filosofia e Ferramentas JIT	0,86	0,14
14. Desenvolvimento de Fornecedores	0,80	0,20
15. idade média dos equipamentos	0,58	0,42
16. Domínio e uso de normas técnicas	0,59	0,41
17. CAD-CAE	0,78	0,22
18. Uso de Eng. Simultânea e equipes de multifuncionais	0,83	0,17
19. Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços	0,81	0,19
20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos	0,70	0,30
21. Parcerias com fornecedores / clientes	0,57	0,43
22. Realiza planejamento estratégico	0,73	0,27
23. Estratégia de produção	0,77	0,23
24. Estilo de liderança e envolvimento dos empregados	0,66	0,34
25. Uso do benchmarking	0,71	0,29
26. Orientação ao Cliente	0,67	0,33
27. Uso de indicadores	0,67	0,33
28. Controle de estoques	0,68	0,32
29. Rotatividade de estoques	0,71	0,29
30. Prestadores e operadores logísticos	0,85	0,15
31. Manuseio	0,80	0,20
32. Unitização	0,86	0,14
33. Plano de treinamento	0,74	0,26
34. Descrição de cargos e competências	0,76	0,24
35. Programas participativos	0,80	0,20
36. ERP Integrado	0,79	0,21
37. Custeio Direto	0,74	0,26
38. Custeio ABC	0,82	0,18
39. Método de análise de investimento	0,78	0,22

Fonte: Elaborado pelo autor

5.4 Aplicação do Modelo logístico de 2 parâmetros

Considerando a amostra deste estudo, de 109 empresas e 39 itens, foram eliminados do banco de dados os itens que apresentaram o parâmetro a com valores muito pequenos (valores menores que 0,7).

Na primeira rodada do processamento, observou-se que dois itens apresentaram essa característica, como segue:

- item 15 do questionário: Idade média dos equipamentos ($a = 0,49$)
- item 29 do questionário: Rotatividade dos estoques ($a = 0,43$)

Os baixos valores das estimativas dos parâmetros a desses itens indicam inconsistência nas respostas e, por este motivo, seria recomendável suas exclusões do estudo. Dando prosseguimento à análise foram excluídos os itens 15 e 29 do estudo.

Procedeu-se ao reprocessamento dos dados verificando-se que todos os itens apresentaram valores de $a > 0,7$, permanecendo assim na análise.

O parâmetro b tem a propriedade de indicar a dificuldade do item e é medido na mesma escala do grau de maturidade θ . No contexto deste estudo, representa o grau de dificuldade de uma determinada prática da ferramentas de gestão ser implantada, isto significa que, na medida em que o valor de b cresce, aumenta o grau de dificuldade de implantação daquela prática, subentendendo-se que poucas empresas têm altas probabilidades de tê-las em funcionamento, ou vice versa.

Na Tabela 6 estão apresentados os parâmetros a e b dos 37 itens que ficaram na 2ª rodada, os quais estão representados na escala com média zero e desvio padrão um, mantida a mesma ordem encontrada no questionário utilizado e na tabela 7 estão as estatísticas dos memos.

Tabela 6: Parâmetros dos Itens - 2ª rodada - métrica (0, 1)

Item\Descrição	Estimativas	
	<i>a</i>	<i>b</i>
1. ISO 9001	2,79	0,17
2. ISO 14001	3,27	1,13
3. 5S	1,45	0,33
4. SA 8000	2,39	1,28
5. OSHAS 18000 OU similar	1,94	1,08
6. Tempo de Setup	1,41	1,22
7. PCP	1,80	0,47
8. Estudos de capacidade	2,64	0,97
9. Custos da Qualidade	1,62	0,98
10. Controle de processos	2,58	0,25
11. Defeitos - PPM	1,97	1,01
12. Manutenção corretiva - preventiva-TPM	2,08	0,60
13. Filosofia e Ferramentas JIT	1,80	1,07
14. Desenvolvimento de Fornecedores	1,33	0,92
16. Domínio e uso de normas técnicas	1,62	-0,10
17. CAD-CAE	1,58	0,70
18. Uso de Eng. Simultânea e equipes de multifuncionais	2,52	0,69
19. Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços	4,72	0,45
20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos	3,20	0,15
21. Parcerias com fornecedores / clientes	1,85	-0,18
22. Realiza planejamento estratégico	2,80	0,29
23. Estratégia de produção	1,93	0,55
24. Estilo de liderança e envolvimento dos empregados	1,60	0,18
25. Uso do benchmarking	2,17	0,26
26. Orientação ao Cliente	2,44	0,11
27. Uso de indicadores	2,99	0,08
28. Controle de estoques	1,65	0,24
30. Prestadores e operadores logísticos	1,71	1,05
31. Manuseio	0,95	1,26
32. Unitização	1,43	1,27
33. Plano de treinamento	2,52	0,35
34. Descrição de cargos e competências	2,32	0,45
35. Programas participativos	1,98	0,67
36. ERP Integrado	2,22	0,57
37. Custeio Direto	1,63	0,51
38. Custeio ABC	2,47	0,66
39. Método de análise de investimento	5,86	0,31

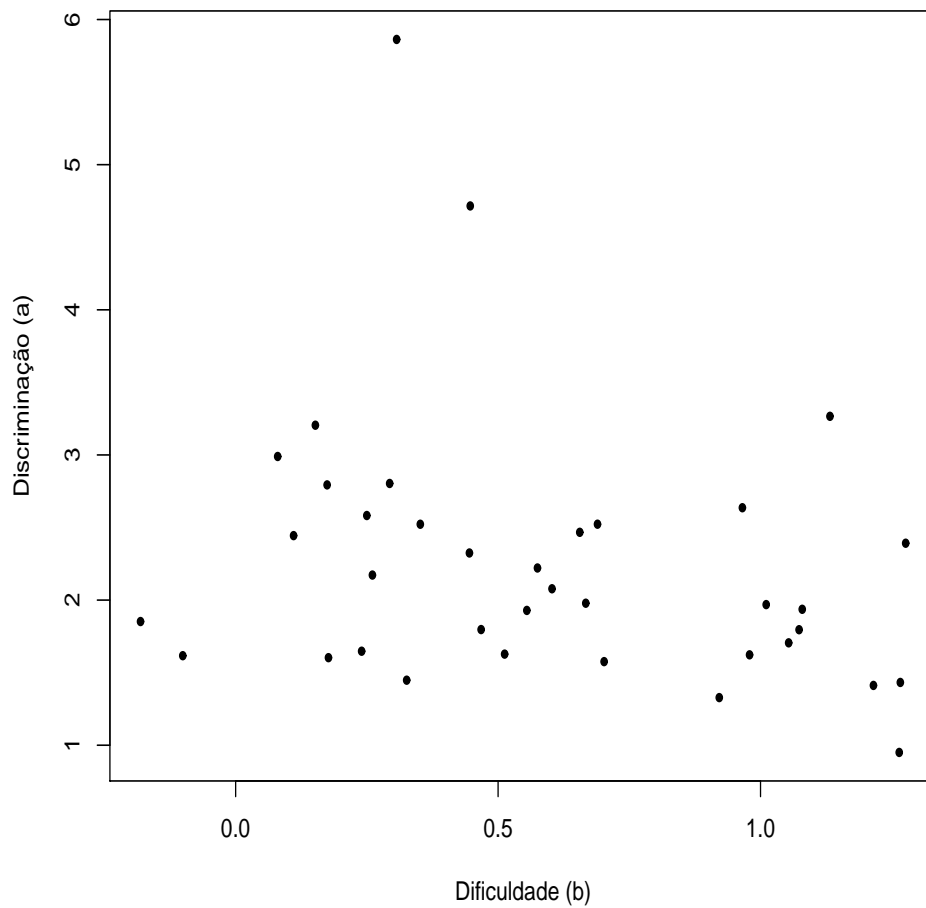
Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 7: Estatísticas para o parâmetro a e b

Estatística \ Parâmetro	a	b
Mínimo	0,95	-0,18
1º Quartil	1,63	0,26
Mediana	1,98	0,55
Média	2,25	0,59
3º Quartil	2,52	0,98
Máximo	5,86	1,23

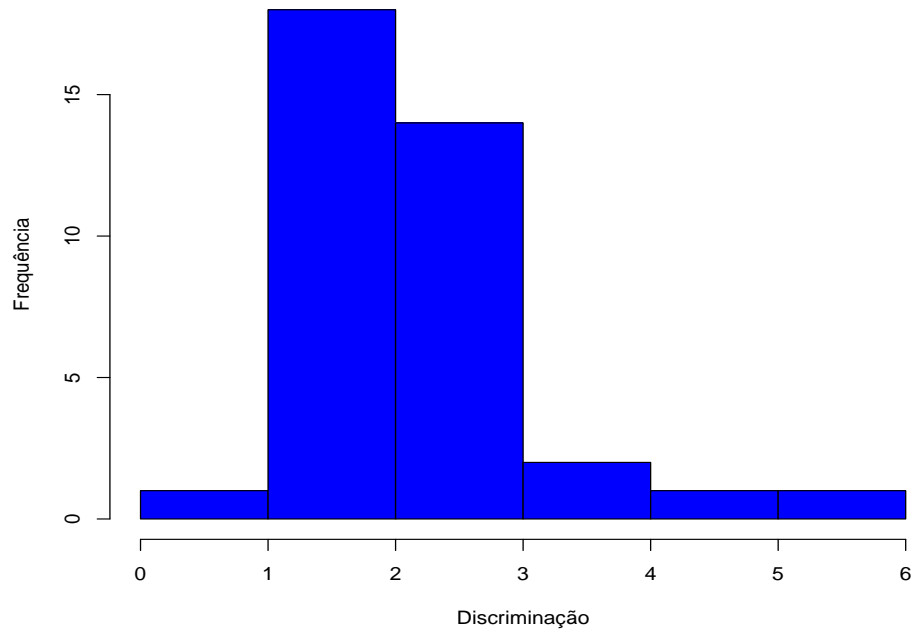
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8: Discriminação por Dificuldade



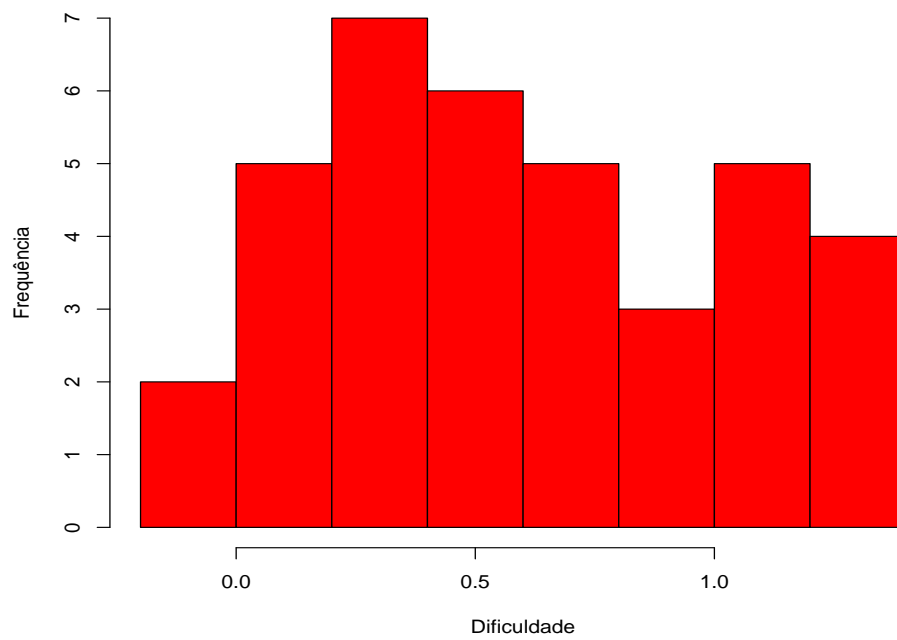
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9: Distribuição de frequência do parâmetro de discriminação do item (a)



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10: Distribuição de frequência do parâmetro de dificuldade do item (b)



Fonte: Elaborado pelo autor

É notório observar que na Tabela 6 não há valores negativos de a . Tal fato vem demonstrar a robustez do banco de dados, pois caso houvesse algum parâmetro $a < 0$ estaria significando que a curva característica daquele item teria a forma de um “S” invertido, indicando que empresas com menor grau de maturidade teriam maior probabilidade de implantação daquela da ferramenta de gestão, ou vice versa, o que não seria coerente nem lógico.

Os itens que apresentaram o maior poder de discriminação foram:

- item 39 relativo à ferramenta: Método de análise de investimento ($a = 5, 86$);
- item 19 à ferramenta: Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços ($a = 4, 72$);
- item 2 à ferramenta: ISO 14001 ($a = 3, 27$);
- item 20 à ferramenta: Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos ($a = 2, 20$);
- item 27 à ferramenta: Uso de indicadores ($a = 2, 99$).

Po outro lado, os itens com menor poder de discriminação foram:

- item 31 relativo à ferramenta: Manuseio ($a = 0, 95$);
- item 14 à ferramenta: Desenvolvimento de fornecedores ($a = 1, 33$);
- item 6 à ferramenta: Tempo de Setup ($a = 1, 41$);
- item 32 à ferramenta: unitização ($a = 1, 43$);
- item 3 à ferramenta: 5S ($a = 1, 45$).

Com vistas a facilitar as análises e interpretações sobre o parâmetro b , bem como sobre o parâmetro θ , que representa o grau de maturidade da empresa, ambos na mesma métrica, procedeu-se a uma transformação linear nos parâmetros conforme é descrito na seção 3.3.8 do presente trabalho, adaptando-os a uma métrica (50,10), significando média igual a 50 e desvio padrão igual a 10, para se evitar valores negativos, conforme a equações descritas na seção 3.3.8. A partir dessa nova métrica, reformulou-se a Tabela 6 e construiu-se a Tabela 8 com a métrica (50,10).

Tabela 8: Parâmetros dos Itens - 2ª rodada - métrica (50, 10)

Item\Descrição	Estimativas	
	<i>a</i>	<i>b</i>
1. ISO 9001	0,28	51,74
2. ISO 14001	0,33	61,32
3. 5S	0,14	53,26
4. SA 8000	0,24	62,77
5. OSHAS 18000 OU similar	0,19	60,79
6. Tempo de Setup	0,14	62,15
7. PCP	0,18	54,68
8. Estudos de capacidade	0,26	59,65
9. Custos da Qualidade	0,16	59,79
10. Controle de processos	0,26	52,50
11. Defeitos - PPM	0,20	60,11
12. Manutenção corretiva - preventiva-TPM	0,21	56,03
13. Filosofia e Ferramentas JIT	0,18	60,73
14. Desenvolvimento de Fornecedores	0,13	59,21
16. Domínio e uso de normas técnicas	0,16	48,99
17. CAD-CAE	0,16	57,02
18. Uso de Eng. Simultânea e equipes de multifuncionais	0,25	56,89
19. Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços	0,47	54,47
20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos	0,32	51,52
21. Parcerias com fornecedores / clientes	0,19	48,19
22. Realiza planejamento estratégico	0,28	52,93
23. Estratégia de produção	0,19	55,55
24. Estilo de liderança e envolvimento dos empregados	0,16	51,77
25. Uso do benchmarking	0,22	52,61
26. Orientação ao Cliente	0,24	51,10
27. Uso de indicadores	0,30	50,80
28. Controle de estoques	0,16	52,40
30. Prestadores e operadores logísticos	0,17	60,54
31. Manuseio	0,10	62,64
32. Unitização	0,14	62,66
33. Plano de treinamento	0,25	53,52
34. Descrição de cargos e competências	0,23	54,45
35. Programas participativos	0,20	56,67
36. ERP Integrado	0,22	55,75
37. Custeio Direto	0,16	55,12
38. Custeio ABC	0,25	56,56
39. Método de análise de investimento	0,59	53,07

Fonte: Elaborado pelo autor

Como já foi visto, o parâmetro *a* é um parâmetro de discriminação, isto é, ele possui a propriedade de discriminar as empresas quanto ao grau de maturidade. Na nova métrica estabelecida, cujos valores podem ser visualizados na Tabela 8, tem-se que valores de *a* maiores que 0,07 (na métrica (50,10)) indicam bom poder de discriminação. Todos os

itens possuem essa característica.

O parâmetro b como já foi visto até então, indica o grau de dificuldade de implementação de uma determinada prática de tecnologia de gestão. A métrica apresentada na Tabela 8 está na escala (50,10), sendo possível perceber que há uma concentração de valores acima da média. Apresenta-se na Tabela 9 os itens com maiores valores de b (ferramentas de gestão mais difíceis). Por outro lado, apresenta-se na Tabela 10 os itens com menores valores de b (ferramentas de gestão de fácil implementação).

Tabela 9: Ferramentas com maiores valores de b

Prática	b
4. SA 8000	62,77
32. Unitização	62,66
31. Manuseio	62,64
6. Tempo de Setup	62,15
2. ISO 14001	61,32
5. OSHAS 18000 OU similar	60,79

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 10: Ferramentas com menores valores de b

Prática	b
21. Parcerias com fornecedores / clientes	48,19
16. Domínio e uso de normas técnicas	48,99
27. Uso de indicadores	50,80
26. Orientação ao Cliente	51,10
20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos	51,52
1. ISO 9001	51,74

Fonte: Elaborado pelo autor

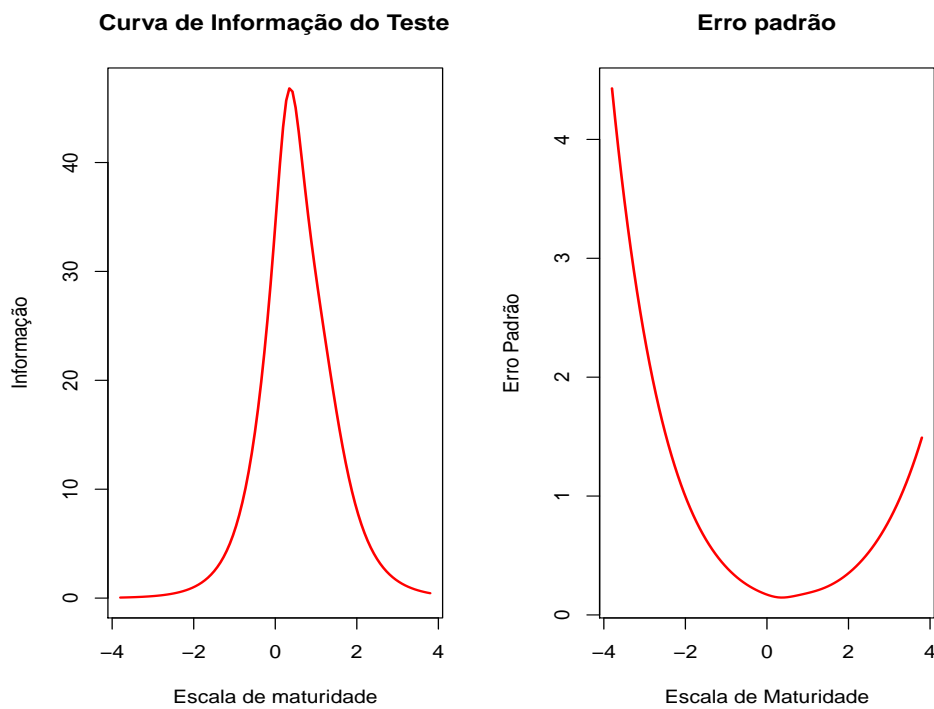
Percebe-se pelas Tabelas 9 e 10, que os itens 2, 4 e 5 pertencem ao Sistema Integrado de Gestão (SIG), os mesmos representam 60% dos itens formados por esse tipo de gestão, indicando desta forma que o SIG é composto, em sua maioria, por itens de grau moderado de dificuldade de implementação. Cabe ressaltar que a ferramenta ISO 9001 pertencente a este mesmo tipo de gestão apresentou, entre todos os itens, o menor grau de dificuldade na implementação. Os itens 16, 20 e 21 são referentes ao grupo de Gestão de Produtos e representam 50% dos itens que compõem esse grupo e apresentam dificuldade de implementação próximo da média.

5.4.1 Função de Informação do teste e do item

Na Teoria de Resposta ao Item, a qualidade do instrumento é analisada por meio das funções de Informação do Item e do Teste, que serão apresentadas adiante.

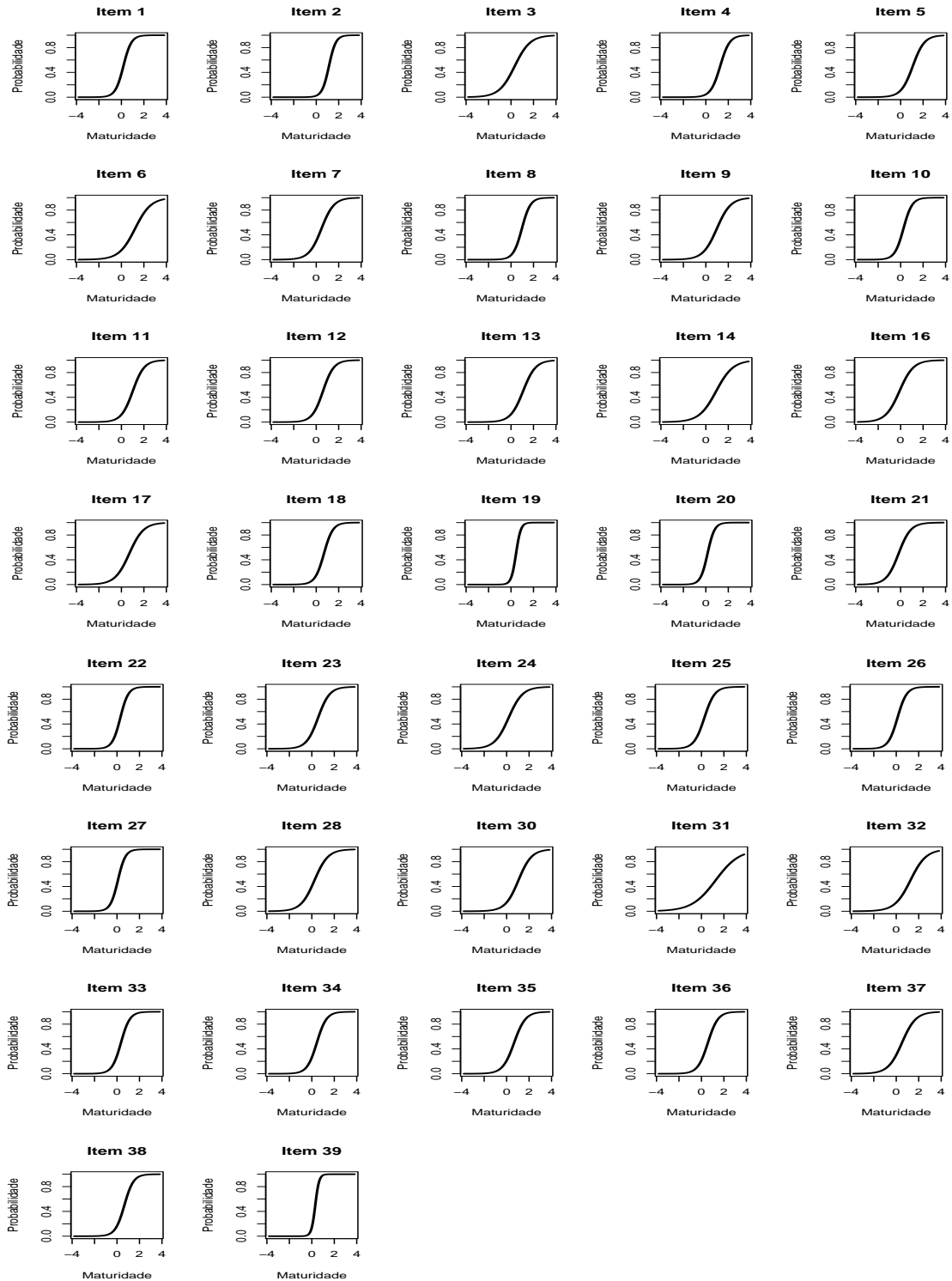
A Função de Informação do Teste, apresentada na Figura 11, mostra que a maior quantidade de informação se encontra no intervalo entre 0 e 1, na escala de maturidade, onde os erros padrões são, por consequência, os menores. Na Figura 12 estão apresentadas as CCI's dos itens analisados, no APÊNDICE A estão apresentadas as Curvas de Informação do Item.

Figura 11: Curva de Informação do Teste e Erro padrão



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 12: Matriz de gráficos para as Curvas Características do Itens analisados



Fonte: Elaborado pelo autor

5.4.1.1 Interpretação do Parâmetro θ

O grau de maturidade na implantação das Ferramentas de Gestão, foi transformado linearmente para a escala (50;10), como foi descrito na seção 3.3.8. Tal transformação foi

realizada com o intuito de facilitar a interpretação.

Em sequência a transformação ordenou-se as empresas de acordo com o seu grau de maturidade θ^* , conforme apresentado na Tabela 11.

A empresa com maior grau de maturidade, $\theta^* = 67,88$, pertence à cadeia produtiva têxtil-confecções e exportação-importação, pertencendo aos elos dos fornecedores de matérias primas (vegetais, animais, sintéticas, etc) e fiação. Com relação à cadeia de importação e exportação pertence ao elo de fornecedor, exportador/*trade*, importação/*trade* e operadores logísticos e portuários. É uma empresa de grande porte (acima de 400 funcionários), fornecedora de *comodities* (produto *standart*) e fornecedor estratégico (parceria em pesquisa e investimento). A segunda empresa com maior grau de maturidade, $\theta^* = 67,30$ é uma empresa de médio porte (101 a 400 funcionários), pertence à cadeia produtiva de alimentos e bebidas, do fabricantes de laticínios, cevada, água e refrigerantes, distribuição, comércio e mercado. Esta empresa atua no mercado regional, com a produção voltada para o abastecimento da região nordeste.

Pode-se perceber pela Tabela 11 que 20 empresas apresentaram o mesmo grau de maturidade, $\theta^* = 33,54$. Ao analisar as resposas destas empresas no questionário dicotomizado, observou-se que todas elas possuíam a mesma resposta em todas as práticas, foi observado que todas as empresas não aplicavam satisfatoriamente as tecnologias de gestão, isto é, todos os itens receberam zero como resposta, ou seja, no questionário original significaria dizer que todas estas empresas tiveram classificação ≤ 50 em todas os itens do questionário. Como as respostas destas empresas em todos os itens foi zero, pode-se dizer que o $\theta^* = 33,54$ é a maturidade mínima que uma empresa pode obter utilizando o questionário aplicado. Caso alguma empresa representasse respostas 1 em todos os itens, isto é, a empresa aplicaria satisfatoriamente todos as ferramentas de gestão, no questionário original significaria dizer que todas as práticas teriam classificação > 75 , mostrando que a maturidade estimada desta empresa simulada seria $\theta^* = 75,76$. Pode-se então concluir que a maturidade máxima que uma empresa pode obter utilizando o questionário aplicado e calibrado é $\theta^* = 75,76$, valor não atingido por nenhuma das 109 empresas do estudo.

5.4.1.2 Escala de Maturidade

Conforme foi descrito anteriormente, foi realizada uma transformação nos parâmetros dos itens e no parâmetro grau de maturidade para a escala (50,10). O processo de criação da escala foi feita através de níveis âncoras que são caracterizados por itens chamados itens-âncoras. Neste estudo também serão trabalhados itens quase âncoras.

Tabela 11: Valores ordenados da maturidade θ^* , métrica (50,10)

Empresa	θ^*	Empresa	θ^*	Empresa	θ^*	Empresa	θ^*
330	67,88	422	50,16	565	44,62	424	37,44
461	67,30	381	50,15	408	44,45	425	36,06
233	64,32	209	50,11	538	44,23	207	33,54
474	61,57	423	50,10	536	44,23	219	33,54
324	61,50	295	50,09	434	44,02	226	33,54
331	61,46	225	50,07	259	43,67	239	33,54
263	61,43	248	50,04	415	43,64	258	33,54
455	61,42	412	49,97	470	43,43	283	33,54
413	61,20	421	49,95	205	43,33	449	33,54
489	60,26	264	49,95	462	42,82	508	33,54
445	57,14	503	49,91	416	42,61	520	33,54
275	56,57	427	49,63	251	41,16	521	33,54
539	56,50	250	49,62	563	40,99	524	33,54
429	56,50	399	49,59	397	40,62	525	33,54
368	56,34	362	49,54	260	40,58	526	33,54
414	56,04	301	49,52	555	40,51	527	33,54
467	55,75	286	49,49	211	40,15	528	33,54
471	55,67	544	49,03	326	39,51	529	33,54
465	55,66	390	48,76	522	39,12	530	33,54
561	55,56	224	48,68	282	37,91	531	33,54
546	52,96	256	48,60	318	37,91	534	33,54
535	52,89	278	48,50	553	37,53	559	33,54
291	50,90	217	47,91	562	37,53		
502	50,89	406	47,71	431	37,49		
274	50,63	222	46,09	213	37,48		
469	50,62	240	45,77	214	37,47		
343	50,60	372	45,69	228	37,47		
255	50,17	452	45,33	235	37,47		
241	50,16	493	45,20	236	37,47		

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 12 estão apresentadas as probabilidades de aplicação das ferramentas de gestão, as estimativas dos parâmetros do modelo, na escala (50,10) para os itens âncoras, e seus respectivos valores do grau de maturidade:

Tabela 12: Níveis âncora, itens âncora e probabilidades de implantação das ferramentas - métrica (50, 10)

item \ Descrição	parâmetro		maturidade de 10 a 100									
	<i>a</i>	<i>b</i>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
27. Uso de indicadores	0,30	50,80	0,00	0,00	0,00	0,04	0,44	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00
26. Orientação ao Cliente	0,24	51,10	0,00	0,00	0,01	0,06	0,43	0,90	0,99	1,00	1,00	1,00
20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos	0,32	51,52	0,00	0,00	0,00	0,02	0,38	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00
1. ISO 9001	0,28	51,74	0,00	0,00	0,00	0,04	0,38	0,91	0,99	1,00	1,00	1,00
24. Estilo de liderança e envolvimento dos empregados	0,16	51,77	0,00	0,01	0,03	0,13	0,43	0,79	0,95	0,99	1,00	1,00
28. Controle de estoques	0,16	52,40	0,00	0,00	0,02	0,11	0,40	0,78	0,95	0,99	1,00	1,00
10. Controle de processos	0,26	52,50	0,00	0,00	0,00	0,04	0,34	0,87	0,99	1,00	1,00	1,00
25. Uso do benchmarking	0,22	52,61	0,00	0,00	0,01	0,06	0,36	0,83	0,98	1,00	1,00	1,00
22. Realiza planejamento estratégico	0,28	52,93	0,00	0,00	0,00	0,03	0,31	0,88	0,99	1,00	1,00	1,00
39. Método de análise de investimento	0,59	53,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00
3. 5S	0,14	53,26	0,00	0,01	0,03	0,13	0,38	0,73	0,92	0,98	1,00	1,00
33. Plano de treinamento	0,25	53,52	0,00	0,00	0,00	0,03	0,29	0,84	0,98	1,00	1,00	1,00
34. Descrição de cargos e competências	0,23	54,45	0,00	0,00	0,00	0,03	0,26	0,78	0,97	1,00	1,00	1,00
19. Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços	0,47	54,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00
7. PCP	0,18	54,68	0,00	0,00	0,01	0,07	0,30	0,72	0,94	0,99	1,00	1,00
37. Custeio Direto	0,16	55,12	0,00	0,00	0,02	0,08	0,30	0,69	0,92	0,98	1,00	1,00
23. Estratégia de produção	0,19	55,55	0,00	0,00	0,01	0,05	0,26	0,70	0,94	0,99	1,00	1,00
36. ERP Integrado	0,22	55,75	0,00	0,00	0,00	0,03	0,22	0,72	0,96	1,00	1,00	1,00
12. Manutenção corretiva - preventiva-TPM	0,21	56,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,22	0,70	0,95	0,99	1,00	1,00
38. Custeio ABC	0,25	56,56	0,00	0,00	0,00	0,02	0,17	0,70	0,96	1,00	1,00	1,00
35. Programas participativos	0,20	56,67	0,00	0,00	0,01	0,04	0,21	0,66	0,93	0,99	1,00	1,00
18. Uso de Eng. Simultânea e equipes de multifuncionais	0,25	56,89	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,69	0,96	1,00	1,00	1,00
11. Defeitos - PPM	0,20	60,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,12	0,49	0,88	0,98	1,00	1,00
30. Prestadores e operadores logísticos	0,17	60,54	0,00	0,00	0,01	0,03	0,14	0,48	0,83	0,97	0,99	1,00
13. Filosofia e Ferramentas JIT	0,18	60,73	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,47	0,84	0,97	0,99	1,00
5. OSHAS 18000 OU similar	0,19	60,79	0,00	0,00	0,00	0,02	0,11	0,46	0,86	0,98	1,00	1,00
2. ISO 14001	0,33	61,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,39	0,94	1,00	1,00	1,00
6. Tempo de Setup	0,14	62,15	0,00	0,00	0,01	0,04	0,15	0,42	0,75	0,93	0,98	1,00
32. Unitização	0,14	62,66	0,00	0,00	0,01	0,04	0,14	0,41	0,74	0,92	0,98	1,00
4. SA 8000	0,24	62,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,34	0,85	0,98	1,00	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se perceber pela Tabela 12 dois níveis âncoras. O nível 60 com 22 itens âncoras e o nível 70 com 8 itens âncoras. Com base nesses itens pode-se caracterizar os níveis âncoras da seguinte forma.

Analisando esses dados, pode se compreender que, para uma empresa dentro do nível 60 do grau de maturidade, tem-se que, com alta probabilidade, essas empresas terão implantadas as seguintes ferramentas (itens):

- 27. Uso de indicadores
- 26. Orientação ao Cliente
- 20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos
- 1. ISO 9001
- 24. Estilo de liderança e envolvimento dos empregados
- 28. Controle de estoques
- 10. Controle de processos
- 25. Uso do benchmarking
- 22. Realiza planejamento estratégico
- 39. Método de análise de investimento
- 3. 5S
- 33. Plano de treinamento
- 34. Descrição de cargos e competências
- 19. Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços
- 7. PCP
- 37. Custeio Direto
- 23. Estratégia de produção
- 36. ERP Integrado
- 12. Manutenção corretva - preventiva-TPM

- 38. Custeio ABC
- 35. Programas participativos
- 18. Uso de Eng. Simultânea e equipes de multifuncionais

Como já foi informado anteriormente, no presente trabalho também serão considerados os chamados itens quase-âncoras, conforme foi descrito na seção 3.3.8. Foram encontrados itens quase âncoras que se enquadravam nos três grupos descritos na seção 3.3.8. Com o intuito de obter uma melhor caracterização, foi estabelecido um relaxamento com relação ao requisito 3 da seção 3.3.8.

Na Tabela 13 estão apresentadas as probabilidades de aplicação das ferramentas de gestão, as estimativas dos parâmetros do modelo, na escala (50,10) para os itens quase-âncoras, e seus respectivos valores do grau de maturidade:

Tabela 13: Níveis quase-âncora, itens quase-âncora e probabilidades de implantação das práticas - métrica (50, 10)

item	parâmetro		maturidade de 10 a 100										Situação
	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
21. Parcerias com fornecedores / clientes	0,19	48,19	0,00	0,01	0,03	0,18	0,58	0,90	0,98	1,00	1,00	1,00	1 e 3
16. Domínio e uso de normas técnicas	0,16	48,99	0,00	0,01	0,04	0,19	0,54	0,86	0,97	0,99	1,00	1,00	1 e 3
17. CAD-CAE	0,16	57,02	0,00	0,00	0,01	0,06	0,25	0,62	0,89	0,97	0,99	1,00	2 e 3
14. Desenvolvimento de Fornecedores	0,13	59,21	0,00	0,01	0,02	0,07	0,23	0,53	0,81	0,94	0,98	1,00	1 e 3
8. Estudos de capacidade	0,26	59,65	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,52	0,94	1,00	1,00	1,00	1 e 3
9. Custos da Qualidade	0,16	59,79	0,00	0,00	0,01	0,04	0,17	0,51	0,84	0,96	0,99	1,00	1 e 3
31. Manuseio	0,10	62,64	0,01	0,02	0,04	0,10	0,23	0,44	0,67	0,84	0,93	0,97	1 e 2

Fonte: Elaborado pelo autor

Pode-se perceber pela Tabela 13 dois níveis quase-âncoras. O nível 60 com 3 itens quase-âncoras e o nível 70 com 4 itens quase-âncoras.

Nas Tabelas 14 e 15 estão apresentados um resumo sobre a distribuição dos itens âncoras e quase âncoras, em cada nível de maturidade da escala (50;10).

Tabela 14: Distribuição dos itens âncoras

10	20	30	40	50	60	70	80	90
					27, 26, 20, 1, 24, 28, 10, 25, 22, 39, 3, 33, 34, 19, 7, 37, 23, 36, 12, 38, 35, 18	11, 30, 13, 5, 2, 6, 32, 4		

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 15: Distribuição dos itens quase-âncoras

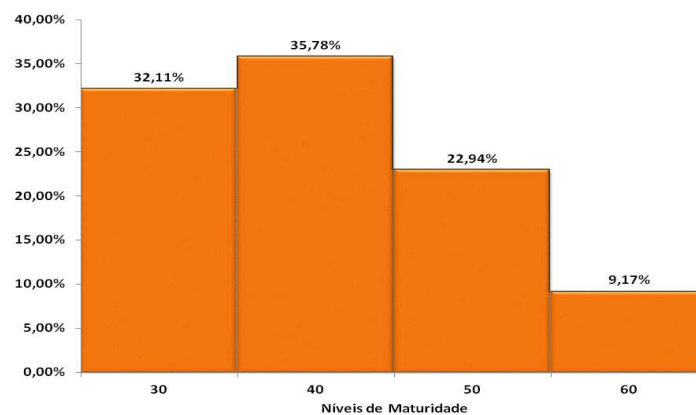
10	20	30	40	50	60	70	80	90
					21, 16, 17	14, 8, 9, 31		

Fonte: Elaborado pelo autor

5.4.1.3 Localização das empresas na Escala do Grau de Maturidade

Através da Figura 13 pode-se verificar que a maior parte das empresas (58,72%) está localizada dentro dos níveis 40 e 50 da escala de maturidade. No nível 30 da escala de maturidade encontram-se localizadas 32,11% das empresas. O nível 60, o mais alto que uma empresa alcançou, possui apenas 9,17% das empresas estudadas. Desta forma, tem-se que a maior parte das empresas encontra-se em um nível de maturidade intermediário, entre 40 e 50, enquanto que uma minoria, apenas 9,17% está localizada em um nível de maturidade superior.

Figura 13: Distribuição das empresas entre os níveis da escala de maturidade



Fonte: Elaborado pelo autor

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Aplicação da Análise Fatorial

A Análise Fatorial utilizada neste estudo foi usada com o propósito de verificar a dimensionalidade dos dados, que por sua vez é um pressuposto da Teoria de Resposta ao Item. Através da aplicação desta técnica pode-se constatar a unidimensionalidade dos dados, tornando-se adequada a utilização do modelo logístico de 2 parâmetros

6.2 Aplicação da TRI

Através dos resultados criou-se uma escala de maturidade com relação às Tecnologias de Gestão, identificando-se práticas mais prováveis de serem implantadas de acordo com o θ . Sendo essa a sua principal característica e vantagem. Dessa maneira é possível afirmar que uma empresa com um grau de maturidade θ maior do que outra empresa qualquer com um grau de maturidade θ menor, possui um maior grau de maturidade com relação às tecnologias de gestão analisadas, sendo possível, ordenar as empresas analisadas.

Foi constatado que 20 empresas obtiveram o mesmo valor para o grau de maturidade, tal fato ocorreu pois como já foi informado, o instrumento de medida (questionário) utilizado pelo SIMAP na sua gênese possui respostas politômicas (escala gradual), e no presente estudo estes itens foram dicotomizados, tal dicotomização acarretou em 20 empresas com a mesma configuração de respostas, isto é, as respostas para os itens foram todas zero, tal fato acarretou em problemas na estimação da maturidade via Maximaverossimilhança Marginal (MVM), utilizada pelo *package ltm* do *R*.

6.3 Considerações finais

Através deste trabalho pode-se avaliar a consistência do construto utilizado no SIMAP, cujos resultados apresentaram consistência. Foi verificada a dimensionalidade dos dados através da Análise Fatorial, os resultados obtidos pela aplicação desta técnica indicaram a unidimensionalidade dos dados, atendendo um dos pressupostos para a aplicação do modelo utilizado na TRI. A Teoria da Resposta ao Item foi aplicada aos dados do SIMAP através do modelo logístico de 2 parâmetros para medir o grau de maturidade das empresas analisadas, em relação às Tecnologias de Gestão. Os parâmetros do modelo estudado foram estimados utilizando-se o *software R*. Vale ressaltar as limitações do presente estudo: o número pequeno de empresas analisadas e a dicotomização utilizada, levando a existência somente de 2 níveis de maturidade na escala. Para trabalhos futuros sugere-se a aplicação de um modelo que “comporte” os dados faltantes (*missings*) que foram excluídos do estudo.

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**. Anais do 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. *et al.* **Teoria da Resposta ao Item: aplicação do modelo de escala gradual na gestão pela qualidade**. Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba-PR, 2002b.
- ANDRADE, D. F. ; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. **Teoria de Resposta ao Item: conceitos e aplicações**. 14º SINAPE, ABE - Associação Brasileira de Estatística. São Paulo, 2000.
- ANDRADE, D. F., ANJOS, A. **Teoria da Resposta ao Item com uso do R**. 20º SINAPE, ABE - Associação Brasileira de Estatística. João Pessoa, 2012.
- ANDRADE, D. F.; BORTOLOTTI, S. L. V. **Aplicação de um modelo de desdobramento graduado generalizado - GGUM da Teoria da Resposta ao Item**. Estudos em Avaliação Educacional, v. 18, n. 37, 2007.
- ANDERSEN, E. S.; JESSEN, S. A. **Project maturity in organisations**. International Journal of Project Management, v.21, n.6, p.457-461, 2003.
- ARAÚJO, M.C. *et al.* **Expansão do Sistema de Benchmarking e Monitoramento de Arranjos Produtivos (SIMAP)**. Extensão em Ação, Fortaleza, v.1, n.1 p.69-82, jul./dez., 2011.
- ARAÚJO, E. A. C.; ANDRADE, D. F.; BORTOLOTTI, S. L. V. **Teoria da Resposta ao Item**. Revista da Escola de Enfermagem da USP, São Paulo, v. 43, n. esp., p. 1000-1008, dez. 2009.
- BAKER, F. B. **The Basics of Item Response Theory**. USA: ERIC Clearinghouse on Assessment and Evaluation, 2001.
- 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. Dissertação (Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CAMP, R. C. **Benchmarking: o caminho da qualidade total**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

CHACHAMOVICH, E. **Teoria de Resposta ao Item: aplicação do modelo rasch em desenvolvimento e validação de instrumentos em saúde mental**. 2007. Tese (Doutorado em ciências médicas: Psiquiatria) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2007.

CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. (Coord.) **Análise Multivariada: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia**. São Paulo: Atlas, 2007.

GUEWEHR, K. **Teoria da Resposta ao Item na avaliação de qualidade de vida de idosos**. 2007. Dissertação (Mestrado em Epidemiologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 2007.

GUTTMAN, L. **The bais for scalogram analysis**. In: Stuffer SA, Guttman L, Suchman EA, Lazarsfeld PF, Star SA, Clausen JA, editors. *Measurement and prediction*. Princeton University Press; 1950. v. 4, p.60-90.

LAWLEY, D. N. **On problems connected whith item selection and test construction**. *Proceedings Royal Society Edinburgh, Series A*. v.61, n.2, p.273-287, 1943.

LAZERSFELD, P. F. The logical and mathematical foundation of latent structure analysis. In: STUFFER,S. A. *et al. Measurement and prediction*. Princeton University Press; 1950. v. 4, p.362-412.

LAZERSFELD, P. F. Latent structure analysis. In: KOCH, S. **Psychology: A study of science**. New York: McGraw-Hill, 1959. p. 476-543.

LORD, F.M. **A theory of test scores**. *Psychometric Monograph*. 1952.

NOGUEIRA, M. E. F. **Avaliação de um construto para medir o grau de maturidade de empresas quanto as tecnologias de gestão: uma aplicação do modelo de escala gradual no caso simap**. 2012. Dissertação (Mestrado em Logística e Pesquisa Operacional) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 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., PRIMI R. Fundamentos da Teoria de Resposta ao Item. **Avaliação Psicológica**, v.2, n.2, p. 99-110, 2003.

PRIMI, R. *Psicometria: fundamentos matemáticos da Teoria Clássica dos Testes*. **Avaliação psicológica**. v.11, n.2, p. 297-307, 2012.

RASCH, G. **Probalistic Models for some Intelligence and Attainment Tests**. Copenhagen: Danish Istitute for Educational Research. 1960

SPEARMAN, C. **“General Intelligence”, objectively determined anda measured**. *Am J Psychol*. v.15. n.2, p.201-293, 1904.

ANEXO - QUESTIONÁRIO

SIMAP

OBSERVATÓRIO TECNOLÓGICO

Empresa	CNPJ:		
Endereço			
País	Estado:		
Telefones			
Site			
E-mail			
Contato	Nome		
	Tel.com:	Celular:	E-mail:
Diretor			

1. Faturamento total anual no último ano: _____

2. Mercado: Regional % do faturamento: _____
 Nacional % do faturamento: _____
 Internacional % do faturamento: _____

3. Colaboradores:
 Pequeno (até 100) Médio (de 100 a 400) Grande (mais que 400)

Número de formados: Técnicos: ____ Graduados: ____ Mestres: ____ Doutores: ____

4. Capital:
 Nacional Internacional

5. Localização geográfica: _____

6. Cadeia produtiva da qual faz parte:
 Asfalto Biodiesel Gás Lubrificantes Metal-mecânico outros
 Se metal mecânico:
 Automotivo e componentes Naval Linha Branca Indústria Química Outros

7. Elos a que pertence: _____

8. Qual a classificação estratégica da empresa?
 Fornecedor de commodities (produto standard)
 Fornecedor estratégico (parceria em pesquisa e investimento)
 Fornecedor de peças especiais (pequenos lotes)
 Fornecedor de black box (tecnologia própria/especial)

9. Quais os requisitos que a empresa deve atender?
 Requisitos da empresa líder: _____
 Requisitos do setor: _____
 Requisitos de competitividade (global): _____

10. Quais tecnologias a empresa possui?
 Produto: _____
 Processo: _____
 Gestão: _____
 Outros: _____

11. Desafios futuros da empresa (novas tecnologias e processos):

OBSERVATÓRIO TECNOLÓGICO

12. Quais os Sistemas de Gestão que a empresa possui?

SIG	IMP.%	NA	0	25	50	75	100	Observações
ISO 9001								
ISO 14001								
5S								
SA 8000								
OSHAS 18000 ou similar								
G. DA PRODUÇÃO	IMP.%	NA	0	25	50	75	100	Observações
Tempo de setup								
PCP								
Estudos de capacidade								
Custos da Qualidade								
Controle de processos								
Defeitos - PPM								
Manutenção Corretiva-Preventiva-TPM								
Filosofia e Ferramentas JIT								
Desenvolvimento de Fornecedores								
Idade média dos equipamentos								
G. DE PRODUTOS	IMP.%	NA	0	25	50	75	100	Observações
Domínio e uso de normas técnicas								
CAD - CAE								
Uso de Eng. Simultânea e Equipes Multifuncionais								
Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços								
Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos								
Parcerias com Fornecedores/Clientes								
G. ESTRATÉGICA	IMP.%	NA	0	25	50	75	100	Observações
Realiza planejamento estratégico								
Estratégia de produção								
Estilo de liderança e envolvimento dos empregados								
Uso do benchmarking								
Orientação ao cliente								
Uso de Indicadores								
G. DE LOGÍSTICA	IMP.%	NA	0	25	50	75	100	Observações
Controle de estoques								
Rotatividade de estoques								
Prestadores e operadores logísticos								
Manuseio								
Utilização								
Fluxo de materiais								
Fluxo de Informação								
Fluxo Financeiro								
Transações comerciais								
Controle de armazém								
Sistema de Transportes								
Relacionamento na cadeia de suprimento								
G. DE RH	IMP.%	NA	0	25	50	75	100	Observações
Plano de Treinamento								
Descrição de cargos e competências								

OBSERVATÓRIO TECNOLÓGICO

Programas participativos								
G. FINANCEIRA	IMP.%	NA	0	25	50	75	100	Observações
ERP Integrado								
Custeio Direto								
Custeio ABC								
Método de análise de investimento								

Dicas para preenchimento:

NA: não se aplica a empresa e/ou setor

Princípio: para ser 100% precisa atender 75% e para ser 75% precisar atender o 50%

SIG: Sistema integrado de Gestão

SIG	0	25	50	75	100
ISO 9001 - ISO 14001 - 5S - SA 8000 - OSHAS 18000	Procedimentos informais	Procedimentos documentados	Programa formal De implantação	Realiza auditorias internas	certificação

Gestão da Produção

	0	25	50	75	100
Tempo de setup (médio da fábrica)	informal	Procedimento documentado	Tempo < 60 min	Tempo < 40 min	< 10 (SMED)
PCP	informal	Planilhas eletrônicas (Excel, Calc, etc.)	Software	MRP e MRP II	ERP
Estudos de capacidade	informal	Processos instáveis	Processos estáveis	CEP	Cpk > 2
Custos da (má) Qualidade	desconhecidos	monitora	1-10% faturamento	< 1 % faturamento	< 0,5 faturamento
Controle de processos	Parâmetros informais	Parâmetros formais	Parâmetros controlados	Instrumentos calibrados	Estudos de capacidade
Defeitos - PPM	desconhecidos	conhecidos	1-10 %	< 1000 ppm	< 500 ppm
Manutenção	corretiva	plano de manutenção informal	preventiva	preditiva	TPM
Filosofia e Ferramentas JIT	não utiliza ferramentas	Uma ferramenta	Duas ferramentas	Três ferramentas	Muitas ferramentas
Desenvolvimento de Fornecedores	Informal	Formal	Monitora desempenho	Programas de capacitação	Estabelece parcerias
Idade média dos equipamentos	desconhecida	Maior 20 anos	10 a 20 anos	5 a 10 anos	< 5 anos

Gestão de Produtos

	0	25	50	75	100
Domínio e uso de normas técnicas	desconhece	Conhece e utiliza parcialmente	Utiliza as principais	Utiliza sempre	Utiliza 100% e atualiza
CAD - CAE - CIM	desconhece	Conhece	Utiliza CAD	CAD e CAE	CAD-CAE-CIM
Uso de Eng. Simultânea e Equipes Multifuncionais	Não utiliza	Utiliza informalmente	Procedimento documentado	implementando	Utiliza sempre
Lead Time de desenvolvimento	Não controla	Controle informal	monitora	competitivo	É benchmark

OBSERVATÓRIO TECNOLÓGICO

Metodologia para desenvolvimento	desconhece	informal	documentado	melhora continuamente	Usa conceito lessons learn
Parcerias com Fomecedores/ Clientes	Não realiza	informal	formal	fornecedores	Fornecedores e clientes

Gestão Estratégica

	0	25	50	75	100
Planejamento estratégico	informal	formal	Monitora periodicamente	Informa a todos	Desdobra missão, visão e indicadores (ex. BSC)
Estratégia de produção	informal	definida	monitora	informa	Plano de ação
Estilo de liderança e envolvimento dos empregados	controlador	centralizado	descentralizado	participativo	Ambiente para melhoria
Uso do benchmarking	Não utiliza	Benchmarking local	Benchmarking regional	Benchmarking nacional	Benchmarking internacional
Orientação ao cliente	informal	Monitora insatisfação	Pesquisa de satisfação	Monitora a satisfação	Clientes muito satisfeito > 80%
Indicadores	informal	financeiros	qualidade	processos	PDCA - Metas definidas

Gestão da Logística

	0	25	50	75	100
Controle de estoques	Baixo controle, SEM uso de sistemas específicos ou de planilhas	Controle documentado, apenas, do produto acabado, COM emprego de planilhas	Controle documentado do produto acabado e de estoques intermediários	Uso de sistemas interdependentes de controle de estoques	Sistema integrado de gerenciamento de estoque (integrado aos fornecedores)
Rotatividade de estoques	Baixo giro, sem monitoramento	Monitoramento parcial	Giro de estoques de 1 a 12 vezes ao ano	Giro de estoques entre 12 a 24 ao ano	Giro maior do que 24 vezes ao ano
Prestadores e operadores logísticos	Não considera importante e tem frota própria	Utiliza apenas transportador terceirizado	Utiliza transporte terceirizado e outro serviço	Usa operador logístico com, pelo menos, três funções	Usa operador com vistas ao Integrador Logístico (todo o canal)
Manuseio	Não usa máquinas	Usa poucas máquinas, do tipo padrão, com muita interferência humana (manual)	Usa máquinas-padrão e poucas máquinas específicas, com muita interferência humana (manual)	Sistema semi-automatizado, com pouca interferência humana; ferramentas customizadas de manuseio	Maquinário específico; uso de sistemas completamente automatizados e de robótica
Unitização	Não usa nenhum tipo	Usa paletes de qualquer tipo	Usa paletes específicos, estantes e outros	Usa paletes específicos; usa também contenedores maiores	Uso de vários tipos de contenedores, com padronização voltada ao transporte final
Fluxo de materiais	Manual, Controle	Planilha eletrônica ou	Uso de código de barras	RFID GPS	Container Inteligente

OBSERVATÓRIO TECNOLÓGICO

	Visual	softwares			
Fluxo de Informação	Consulta por telefone celular	Consulta por internet e email	EDI	Rastreamento por satélite ou GPRS	Bases de dados integradas na cadeia de suprimento
Fluxo Financeiro	Informal	Individual	Parcialmente Integrado	Compartilhamento de bancos de dados	Integração total
Transações comerciais	Manual	Pedidos através do computador	RC Ou VMI	ECR e CRM	Marketplace
Controle de armazém	Manual ou controle visual	Planilha eletrônica ou software	Uso de código de barras	Acopanhamento pelo telefone celular ou Voz de seleção or RFID	Sistema de Gerenciamento de Amazém (WMS)
Sistema de Transportes	Informal	Planilha eletrônica ou software	Milk-run	GPS, Software de roteamento	Sistema de Gerenciamento dos Transportes (TMS)
Relacionamento na cadeia de suprimento	Curtos relacionamentos	Parcerias	Parcerias por longos períodos	Gerenciamento do relacionamento com fornecedores	Parcerias estratégicas

Gestão de Recursos Humanos

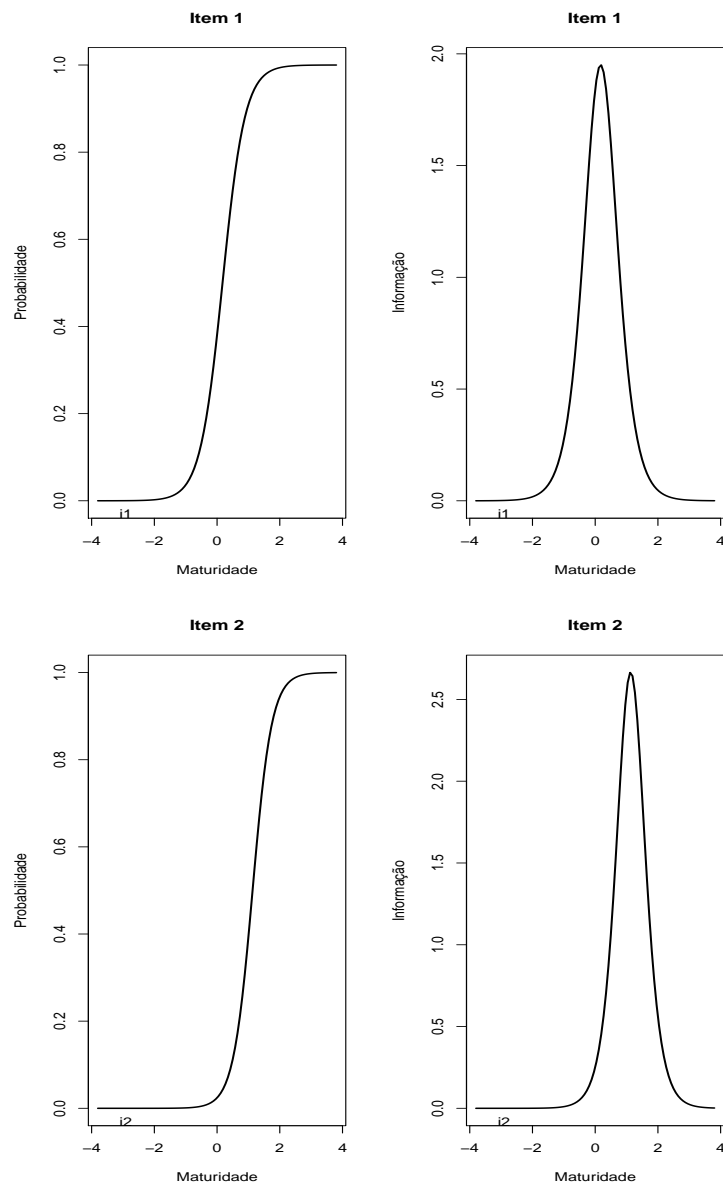
	0	25	50	75	100
Plano de Treinamento	informal	Procedimento documentado	Monitora horas treinamento ano/funcionário	< 20 horas	> 20 horas
Descrição de cargos e competências	informal	Descrição de responsabilidade/ autoridade	Descrição de Competências	Programa de multifuncionalidade	Avaliação de competências
Programas participativos	informal	formal	Mais de um programa	Vários programas	Participação em resultados

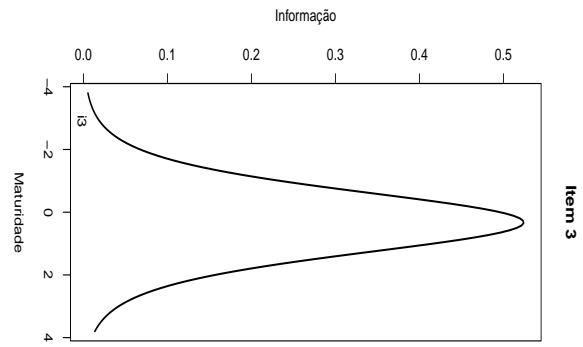
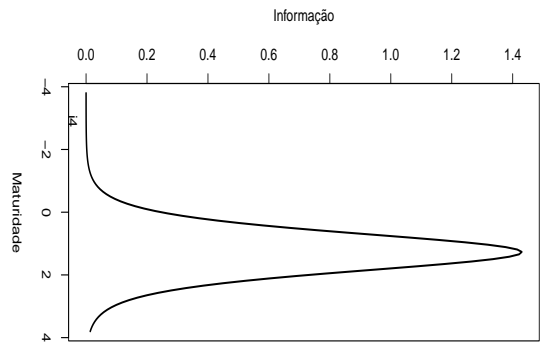
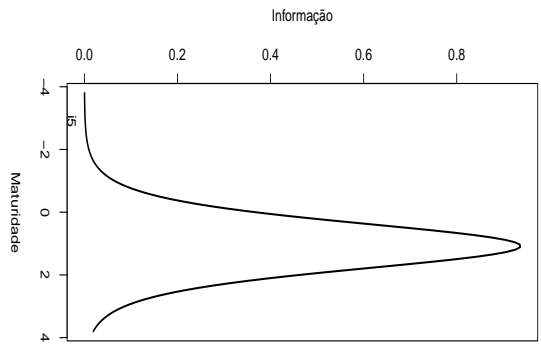
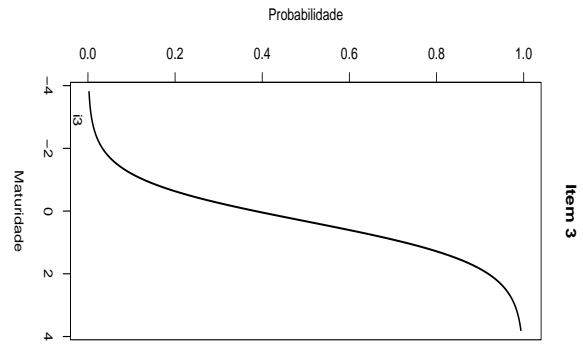
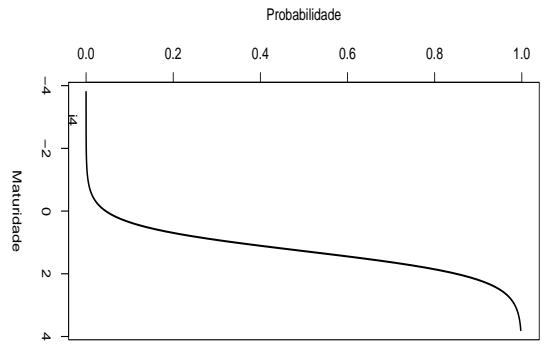
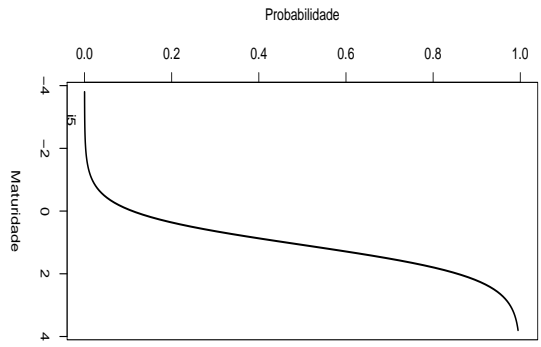
Gestão Financeira

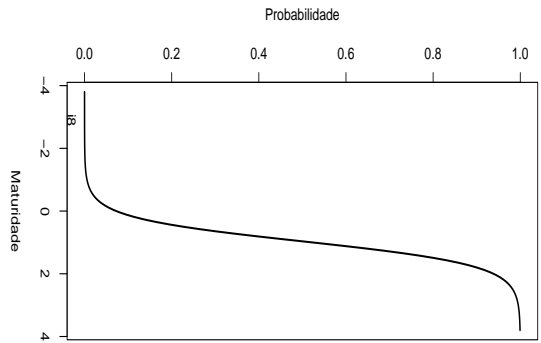
	0	25	50	75	100
ERP; Custeio Direto; Custeio ABC; Método de análise de investimento	Não realiza formalmente	implementando	realiza parcialmente	fase final de implementação	Utiliza para tomada de decisões

APÊNDICE

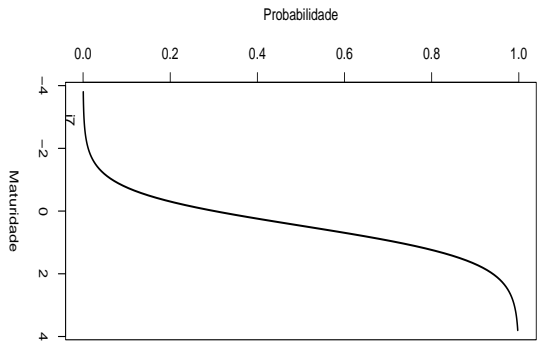
6.1 A - Curva característica e Curva de informação dos itens



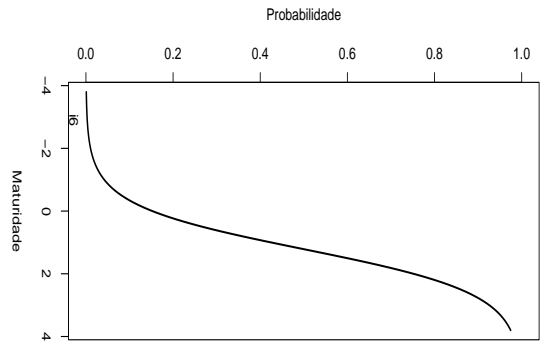




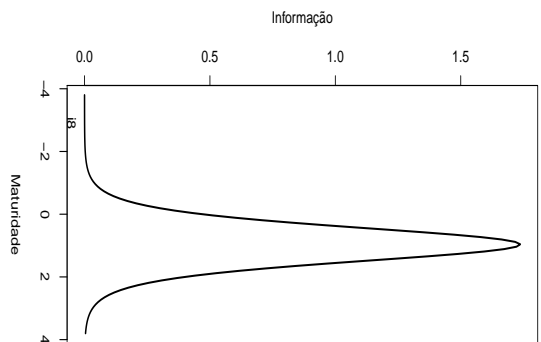
Item 8



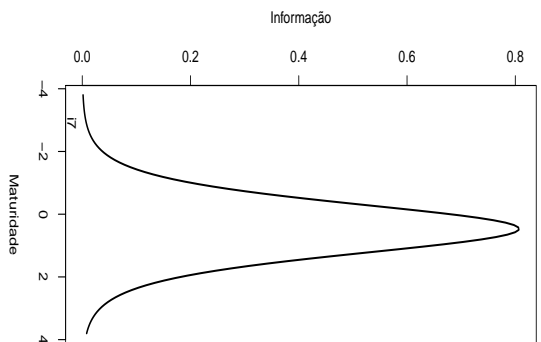
Item 7



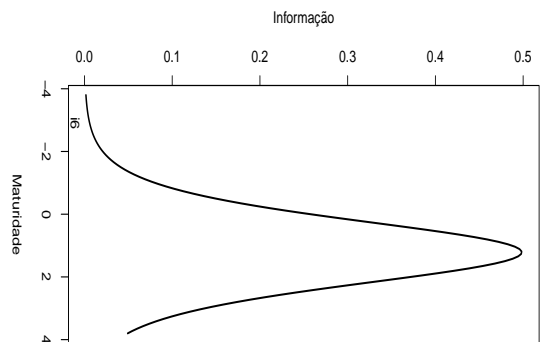
Item 6



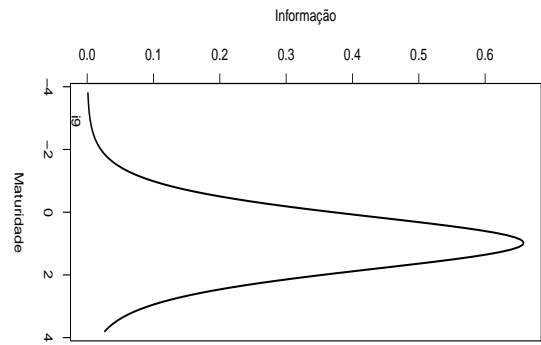
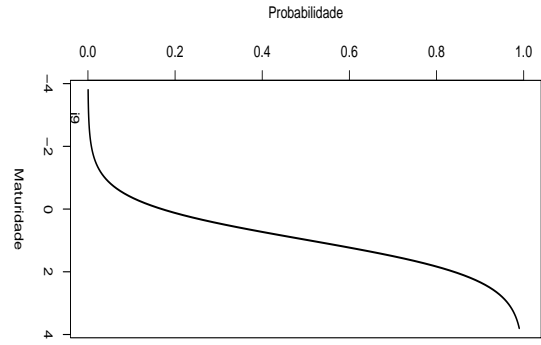
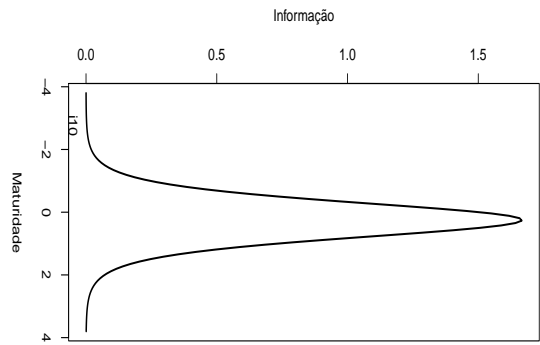
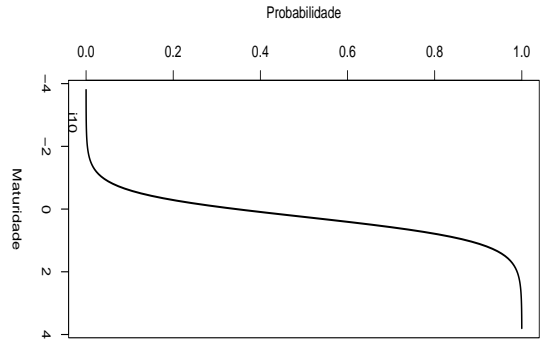
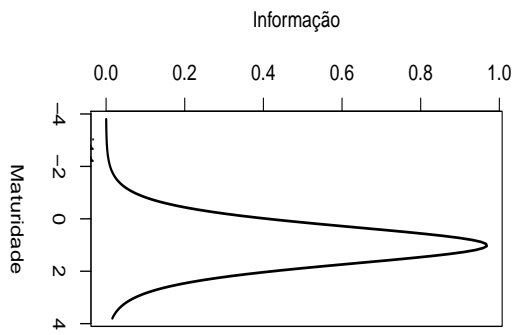
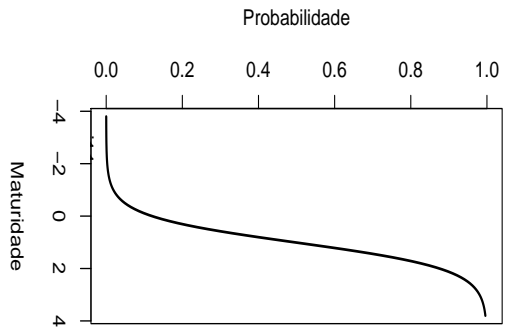
Item 8

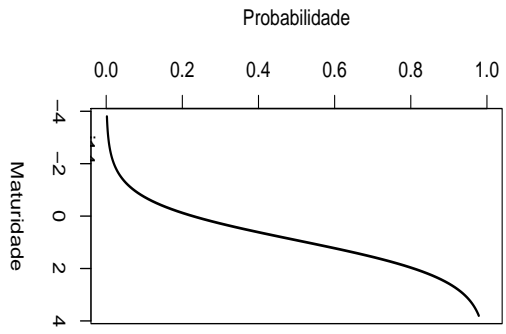


Item 7

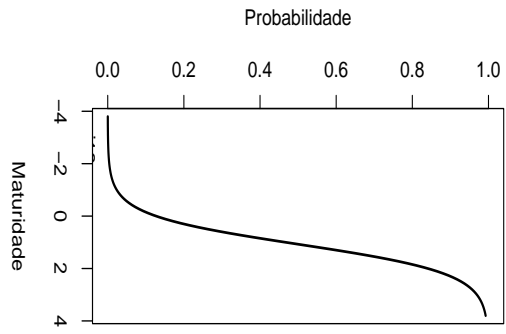


Item 6

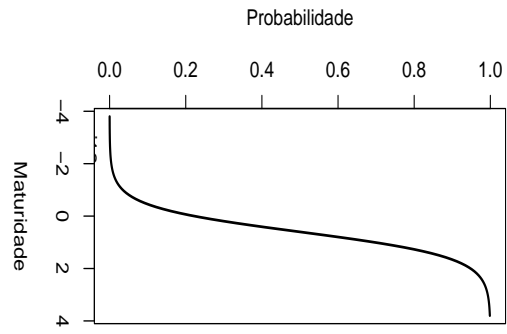




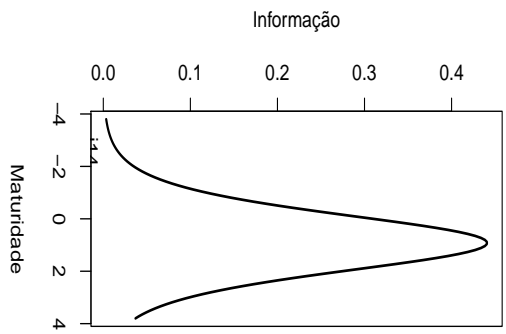
Item 14



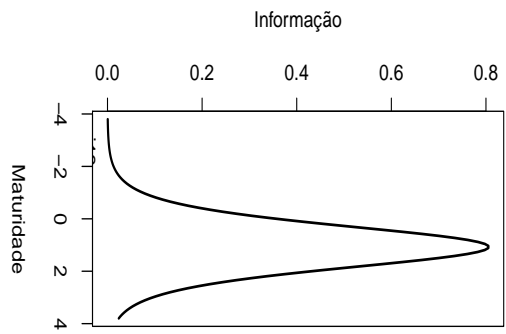
Item 13



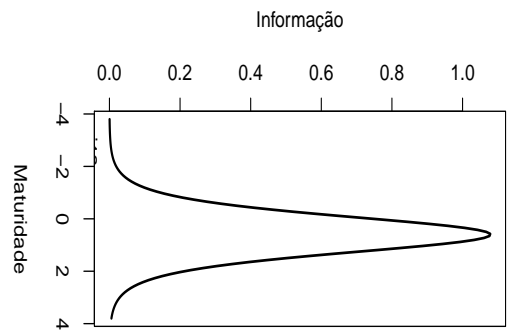
Item 12



Item 14

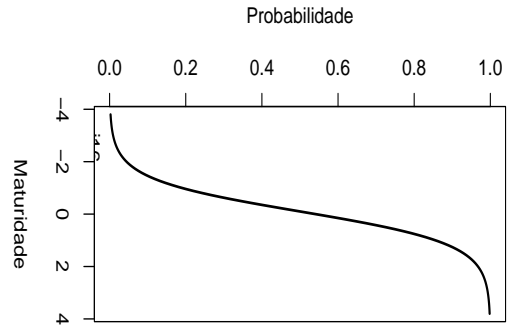


Item 13

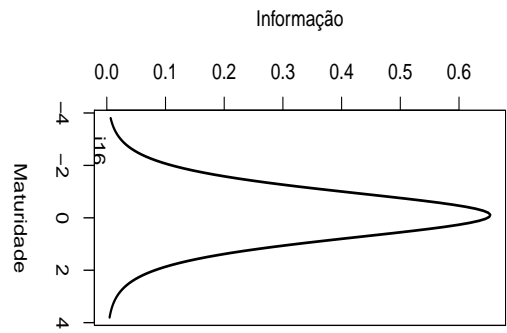


Item 12

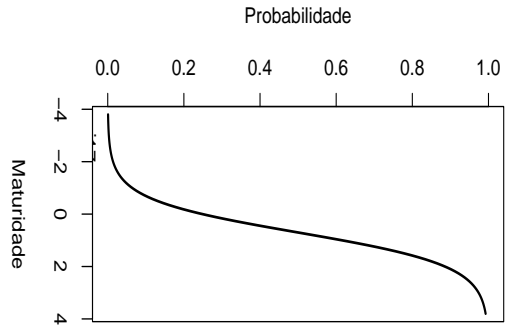
Item 16



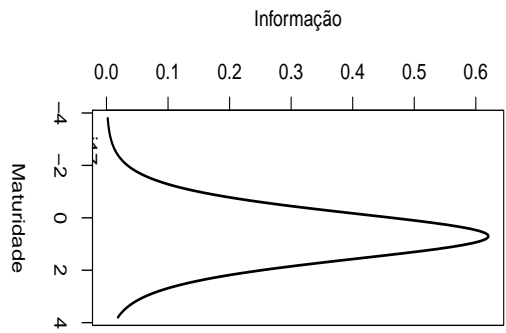
Item 16



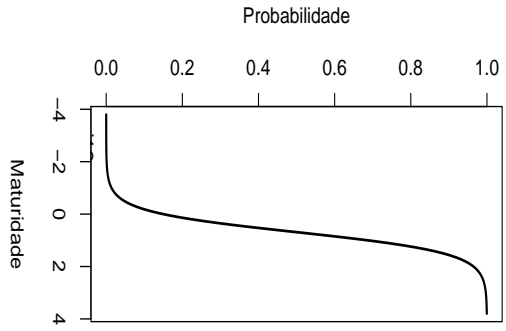
Item 17



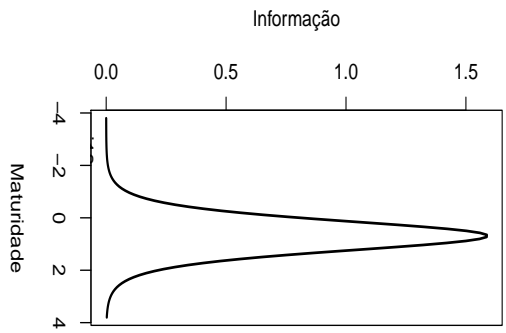
Item 17

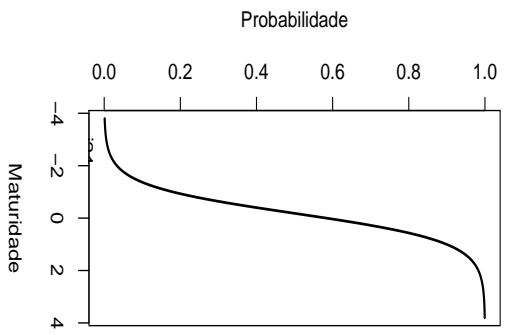


Item 18

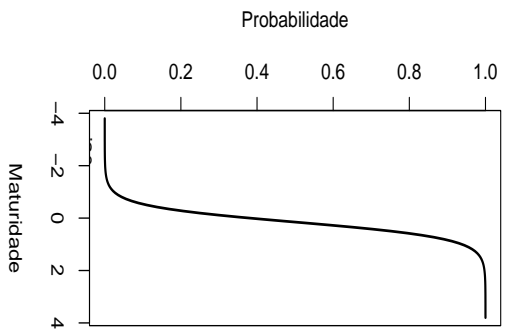


Item 18

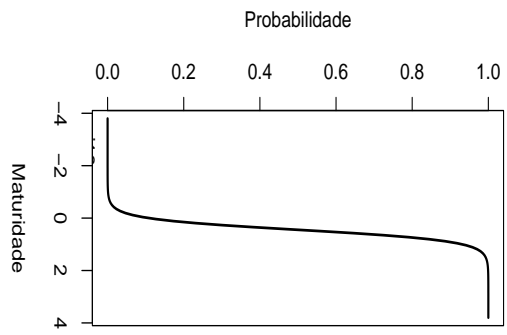




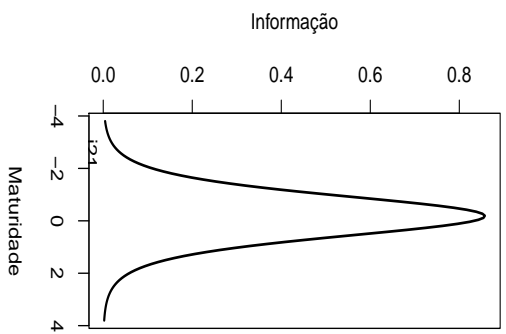
Item 21



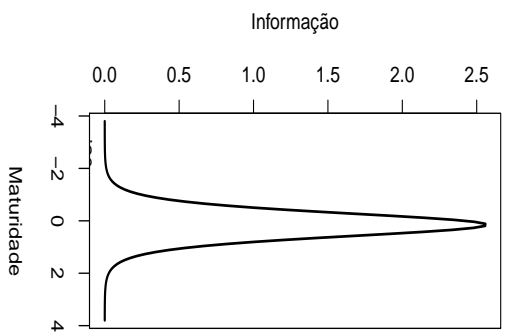
Item 20



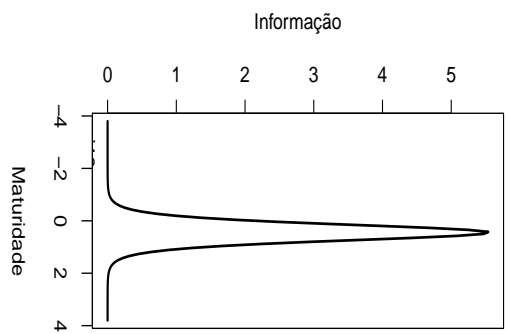
Item 19



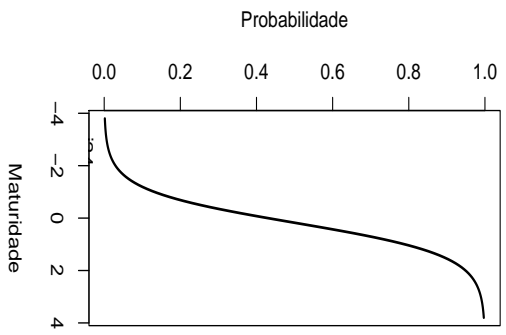
Item 21



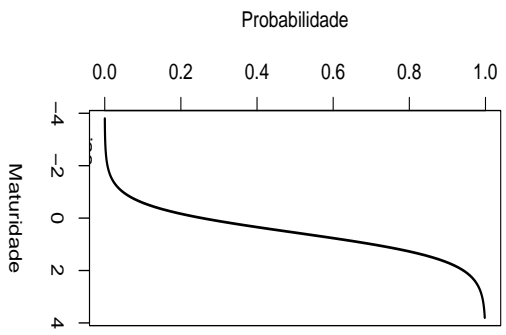
Item 20



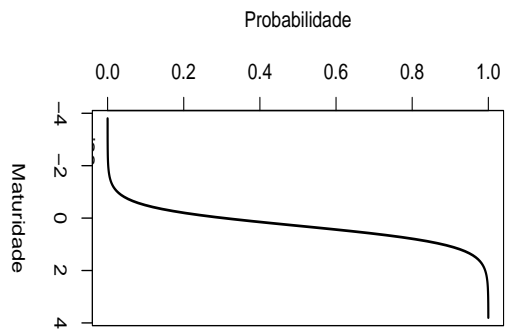
Item 19



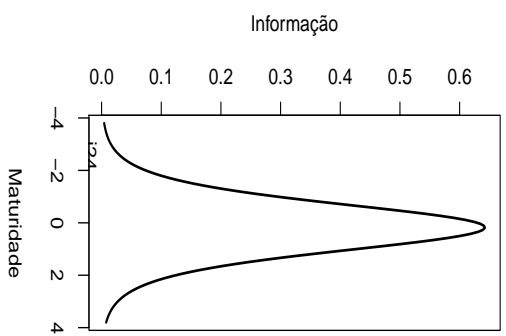
Item 24



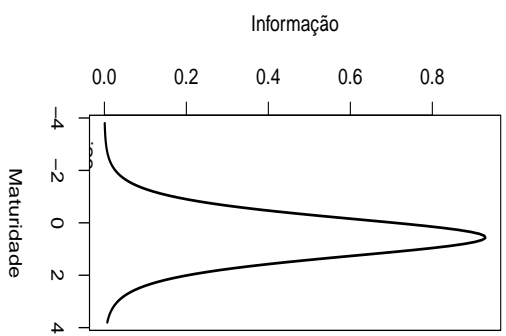
Item 23



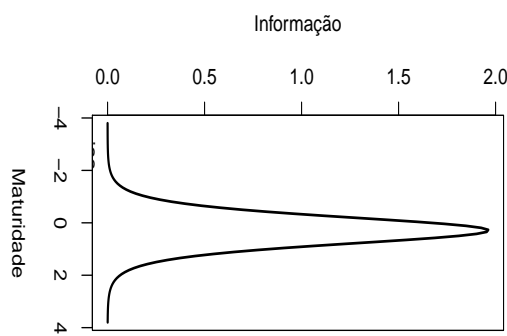
Item 22



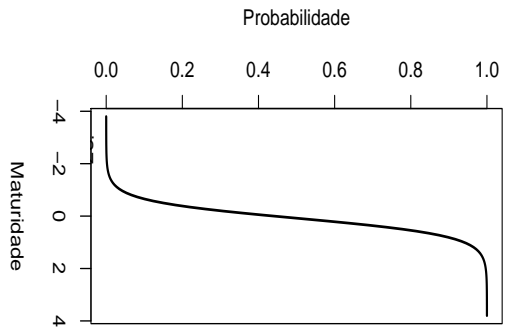
Item 24



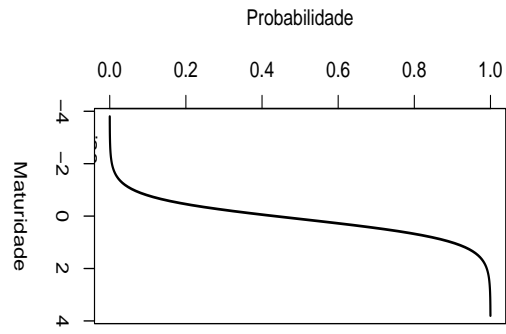
Item 23



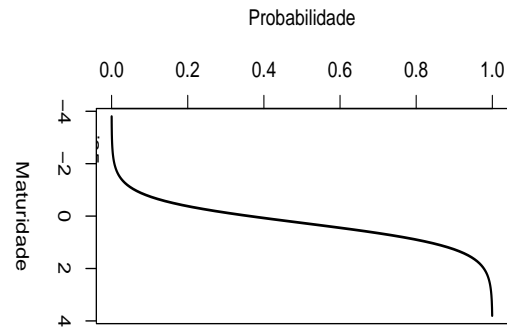
Item 22



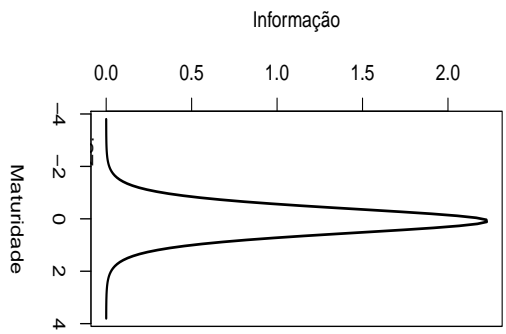
Item 27



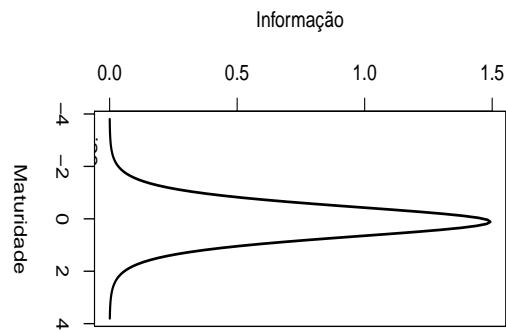
Item 26



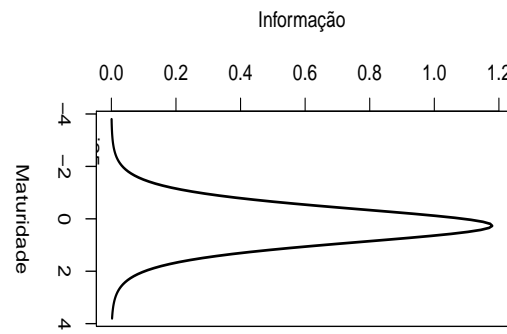
Item 25



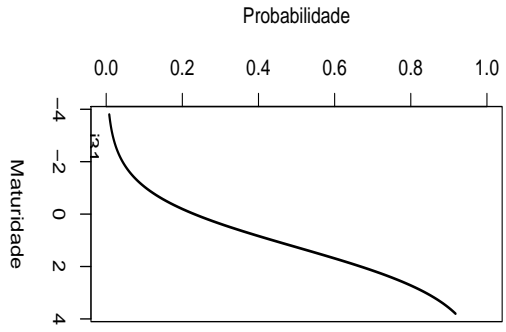
Item 27



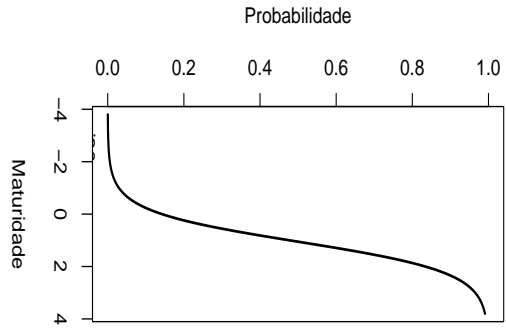
Item 26



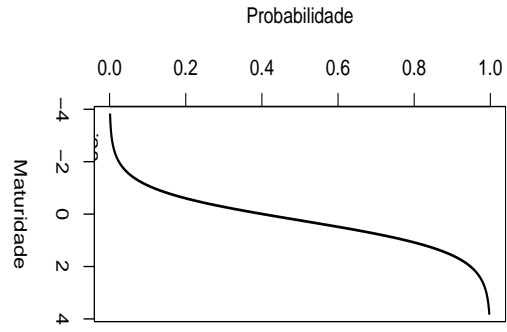
Item 25



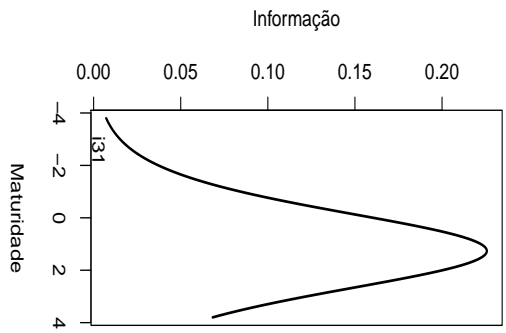
Item 31



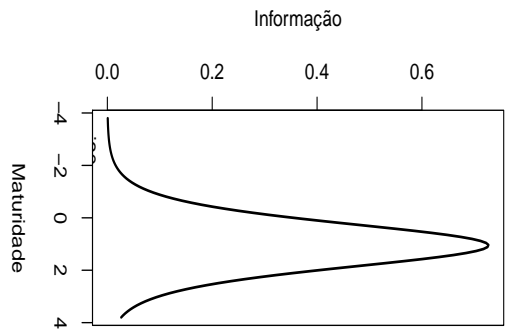
Item 30



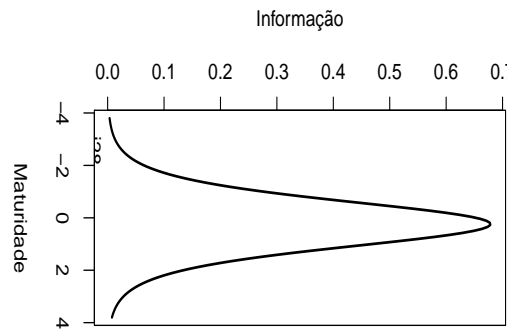
Item 28



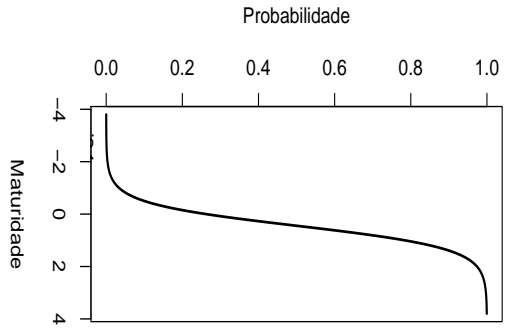
Item 31



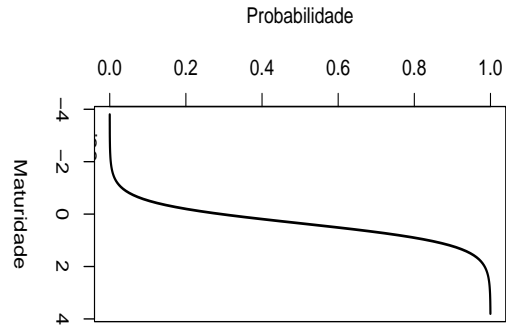
Item 30



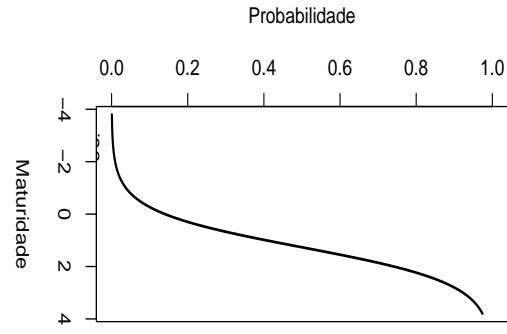
Item 28



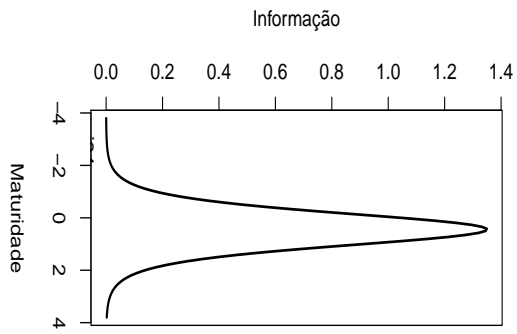
Item 34



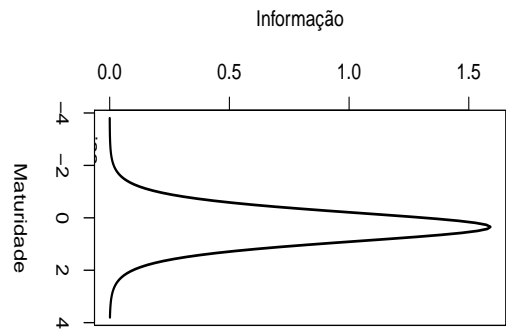
Item 33



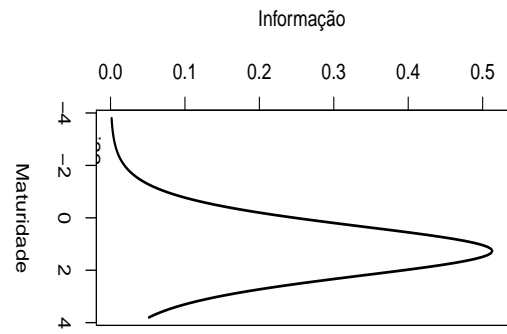
Item 32



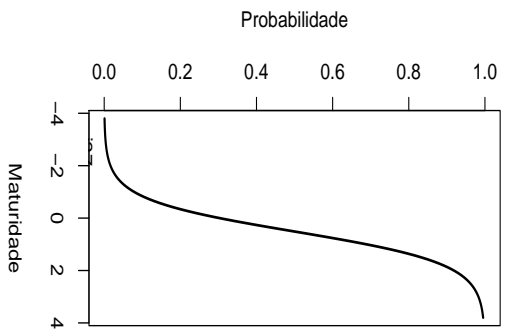
Item 34



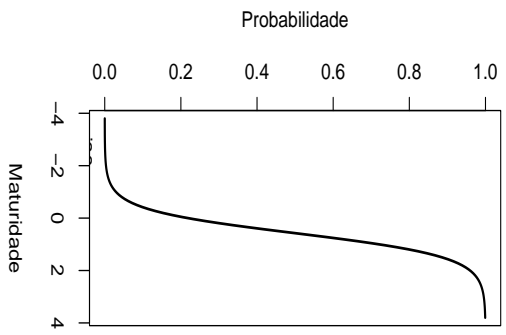
Item 33



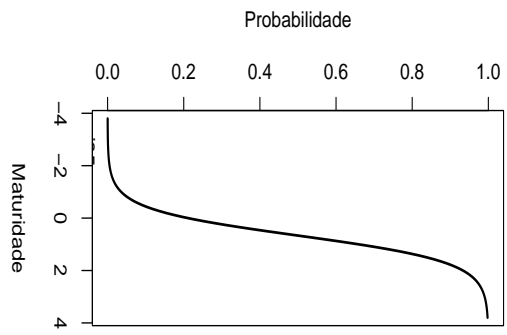
Item 32



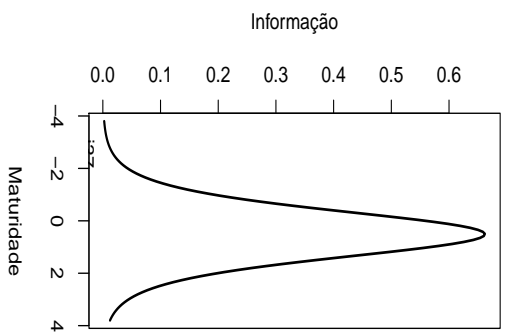
Item 37



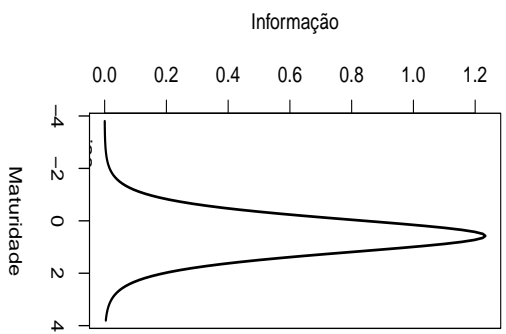
Item 36



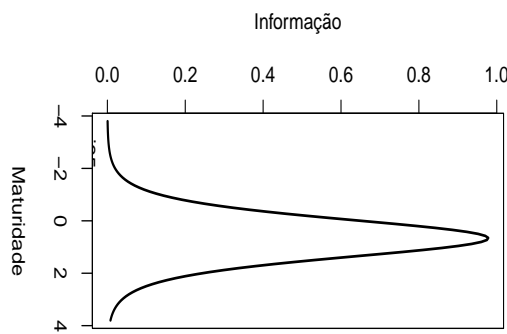
Item 35



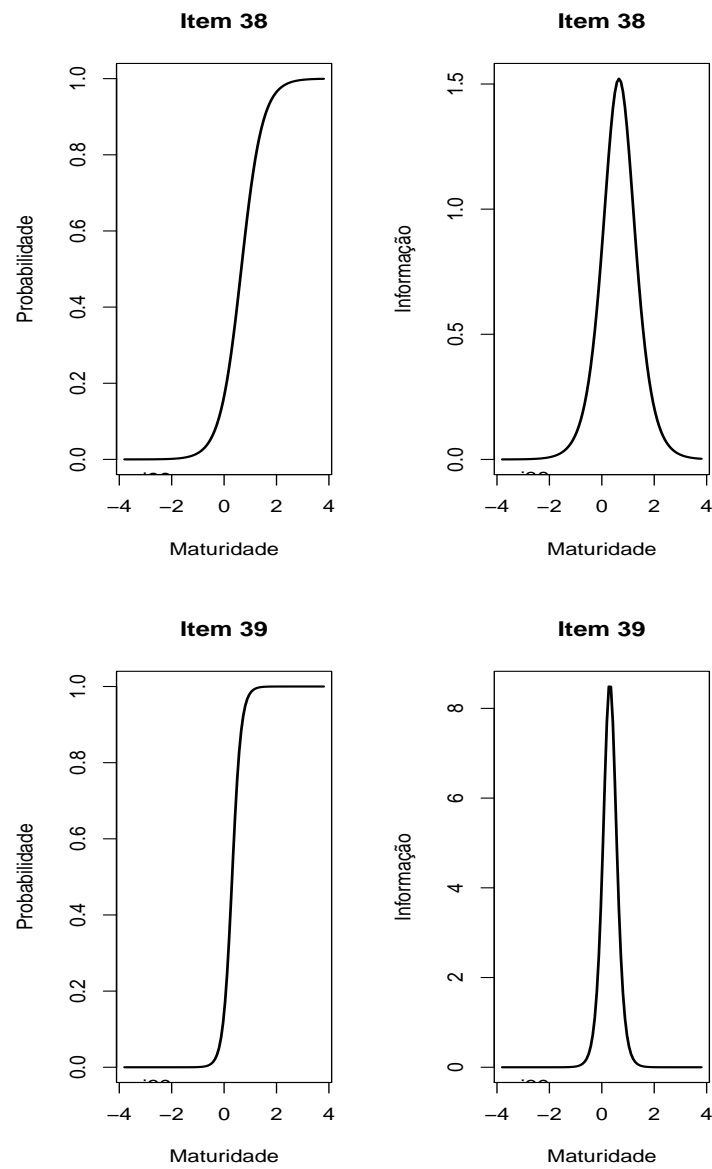
Item 37



Item 36



Item 35



Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 B - Probabilidades de implantação das ferramentas

Tabela 16: Probabilidades de implantação das ferramentas - métrica (50, 10)

Item \ Descrição	parâmetro		Grau de maturidade, escala (50,10)									
	a	b	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1. ISO 9001	0,28	51,74	0,00	0,00	0,00	0,04	0,38	0,91	0,99	1,00	1,00	1,00
2. ISO 14001	0,33	61,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,39	0,94	1,00	1,00	1,00
3. 5S	0,14	53,26	0,00	0,01	0,03	0,13	0,38	0,73	0,92	0,98	1,00	1,00
4. SA 8000	0,24	62,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,34	0,85	0,98	1,00	1,00
5. OSHAS 18000 OU similar	0,19	60,79	0,00	0,00	0,00	0,02	0,11	0,46	0,86	0,98	1,00	1,00
6. Tempo de Setup	0,14	62,15	0,00	0,00	0,01	0,04	0,15	0,42	0,75	0,93	0,98	1,00
7. PCP	0,18	54,68	0,00	0,00	0,01	0,07	0,30	0,72	0,94	0,99	1,00	1,00
8. Estudos de capacidade	0,26	59,65	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07	0,52	0,94	1,00	1,00	1,00
9. Custos da Qualidade	0,16	59,79	0,00	0,00	0,01	0,04	0,17	0,51	0,84	0,96	0,99	1,00
10. Controle de processos	0,26	52,50	0,00	0,00	0,00	0,04	0,34	0,87	0,99	1,00	1,00	1,00
11. Defeitos - PPM	0,20	60,11	0,00	0,00	0,00	0,02	0,12	0,49	0,88	0,98	1,00	1,00
12. Manutenção corretiva - preventiva-TPM	0,21	56,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,22	0,70	0,95	0,99	1,00	1,00
13. Filosofia e Ferramentas JIT	0,18	60,73	0,00	0,00	0,00	0,02	0,13	0,47	0,84	0,97	0,99	1,00
14. Desenvolvimento de Fornecedores	0,13	59,21	0,00	0,01	0,02	0,07	0,23	0,53	0,81	0,94	0,98	1,00
16. Domínio e uso de normas técnicas	0,16	48,99	0,00	0,01	0,04	0,19	0,54	0,86	0,97	0,99	1,00	1,00
17. CAD-CAE	0,16	57,02	0,00	0,00	0,01	0,06	0,25	0,62	0,89	0,97	0,99	1,00
18. Uso de Eng. Simultânea e equipes de multifuncionais	0,25	56,89	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15	0,69	0,96	1,00	1,00	1,00
19. Lead Time do desenvolvimento de produtos e serviços	0,47	54,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00
20. Usa metodologia para desenvolvimento de novos produtos	0,32	51,52	0,00	0,00	0,00	0,02	0,38	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00
21. Parcerias com fornecedores / clientes	0,19	48,19	0,00	0,01	0,03	0,18	0,58	0,90	0,98	1,00	1,00	1,00
22. Realiza planejamento estratégico	0,28	52,93	0,00	0,00	0,00	0,03	0,31	0,88	0,99	1,00	1,00	1,00
23. Estratégia de produção	0,19	55,55	0,00	0,00	0,01	0,05	0,26	0,70	0,94	0,99	1,00	1,00
24. Estilo de liderança e envolvimento dos empregados	0,16	51,77	0,00	0,01	0,03	0,13	0,43	0,79	0,95	0,99	1,00	1,00
25. Uso do benchmarking	0,22	52,61	0,00	0,00	0,01	0,06	0,36	0,83	0,98	1,00	1,00	1,00
26. Orientação ao Cliente	0,24	51,10	0,00	0,00	0,01	0,06	0,43	0,90	0,99	1,00	1,00	1,00
27. Uso de indicadores	0,30	50,80	0,00	0,00	0,00	0,04	0,44	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00
28. Controle de estoques	0,16	52,40	0,00	0,00	0,02	0,11	0,40	0,78	0,95	0,99	1,00	1,00
30. Prestadores e operadores logísticos	0,17	60,54	0,00	0,00	0,01	0,03	0,14	0,48	0,83	0,97	0,99	1,00
31. Manuseio	0,10	62,64	0,01	0,02	0,04	0,10	0,23	0,44	0,67	0,84	0,93	0,97
32. Unitização	0,14	62,66	0,00	0,00	0,01	0,04	0,14	0,41	0,74	0,92	0,98	1,00
33. Plano de treinamento	0,25	53,52	0,00	0,00	0,00	0,03	0,29	0,84	0,98	1,00	1,00	1,00
34. Descrição de cargos e competências	0,23	54,45	0,00	0,00	0,00	0,03	0,26	0,78	0,97	1,00	1,00	1,00
35. Programas participativos	0,20	56,67	0,00	0,00	0,01	0,04	0,21	0,66	0,93	0,99	1,00	1,00
36. ERP Integrado	0,22	55,75	0,00	0,00	0,00	0,03	0,22	0,72	0,96	1,00	1,00	1,00

Tabela 16: Probabilidades de implantação das ferramentas - métrica (50, 10)

Item \ Descrição	parâmetro		Grau de maturidade, escala (50,10)									
	<i>a</i>	<i>b</i>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
37. Custeio Direto	0,16	55,12	0,00	0,00	0,02	0,08	0,30	0,69	0,92	0,98	1,00	1,00
38. Custeio ABC	0,25	56,56	0,00	0,00	0,00	0,02	0,17	0,70	0,96	1,00	1,00	1,00
39. Método de análise de investimento	0,59	53,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00

6.3 C - Comandos R

```
#####
### CARREGANDO PACOTES ###
#####

require(ltm)
require(CTT)
require(irtos)
require(car)
require(ellipses)
require(psych)
require(ltm)
require(corrgram)
require(xtable)

###CARREGANDO OS DADOS
dada=read.table(file.choose(),header=T, sep=";")

dada

dadi=dada[,-1:-3]
dadi

###RENOMEAR OS ITENS
colnames(dadi)<- c(paste('i',1:39, sep=""))
dadi
tail(dadi)
class(dadi)

#####
#### 1ª PARTE ####
#####ANÁLISE FATORIAL###
#####

#matriz de correlação
cor=cor(dadi)
cor
xtable(cor)
#gráfico
corrgram(cor, type="cor")
?corrgram()

#KMO para verificar a adequabilidade da análise fatorial
?KMO() #informações sobre a função
KMO(dadi) #ou
KMO(cor)
#kmo de 0.82 => o uso da análise fatorial é adequado.

#####

#####
#teste de esfericidade de bartlett
#R e SPSS

##chi.square=- ( (n-1) - (2*p-5)/6 ) * log(det(R))
## df=(p^2-p)/2

x<-rnorm(100)
y<-x+rnorm(100,0,0.1)

bartlett.sphere<-function(data){
  chi.square=- ( (dim(data)[1]-1) - (2*dim(data)[2]-5)/6 ) * log(det(cor(data,use='pairwise.complete.obs')));
  cat('chi.square value ', chi.square, ' on ', (dim(data)[2]^2-dim(data)[2])/2, ' degrees of freedom.', ' p-value: ', 1-pchisq(chi.square,(dim(data)[2]^2-dim(data)[2]))
}

bartlett.sphere(data.frame(x,y))
```

```

bartlett.sphere(dadi)

?cortest.bartlett()

#####
#####análise Fatorial via método de coponentes principais com matriz de correções amostral
f = principal(dadi,nfactors=39,rotate="none") #todas as componentes
f
f$communality

f1= principal(dadi, nfactors=10, rotate="none") #SS loadings > 1.
f1
f1$loadings[,1] # cargas fatoriais da primeira componente.
f1$communality #todos os itens possuem comunalidae > 0.5

diagram(f1)

#library(ltm)

dadi.desc <-descript(dadi)
names(dadi.desc)

#####
#####descritivas dos itens geral
dadi.desc

#####
##### 2ª PARTE #####
#####ANÁLISE PSCOMÉTRICA DOS ITENS#####
#####

#####
#####descritiva dos itens por partes

#####1. dimensão
dadi.desc$sample

#####2. proporção de 0 e 1
per=dadi.desc$perc
per= as.matrix(per)
per
hist(per)
per1= cbind(per[,-2:-3],c(paste('i',1:39, sep="")))
per1
hist(per1)
per

#####3. frequencia de escores por total de itens
a=dadi.desc$itens
a
#####
b=as.vector(a)
b
sum(b)
#####

#####4. teste de associação entre os itens.
dadi.desc$pw.ass

#####5. total de observações a ser mostrado
dadi.desc$n.print

#####6. nome da base de dados
dadi.desc$name

#####7. quantidade de missin
dadi.desc$missin

#####8. base de dados

```

```

dadi.desc$data

#####9. correlação ponto bisserial
dadi.desc$bisCorr

#####10. correlação ponto bisserial
dadi.desc$ExBisCorr

#####11. Alfa de Conchran
dadi.desc$alpha

#####gráfico
#1. item por escore total
#A opção includeFirstLast=TRUE indica
#que todos os escores devem ser inseridos no gráfico.
#####

## escore total X proporção de acertos por itens
plot(dadi.desc,items=c(1,2),type="b", includeFirstLast = TRUE,pch=c("1","2"))

plot(dadi.desc,type="b",includeFirstLast=TRUE) #loucura,loucura

###correlação bisserial entre o primeiro item e o escore total
biserial.cor(rowSums(dadi), dadi[[1]],level=2)
cronbach.alpha(dadi)

#####
library(CTT)

dadi.ctt <- reliability(dadi)
names(dadi.ctt)
?reliability()

###número de itens
dadi.ctt$N_item

###número de respondentes
dadi.ctt$N_person

###alpha de conchran
dadi.ctt$alpha

###escore total médio
dadi.ctt$scale.mean

###desvio padrão do escore total médio
dadi.ctt$scale.sd

###alfa de conchran se deletado o item
dadi.ctt$alpha.if.deleted

###correlação ponto bisserial
dadi.ctt$pbis

###média dos item
dadi.ctt$item.mean

#####
#### 3ª PARTE ####
####ANÁLISE TRI###
#####

library(irtoys)

###estimando os parametros dos itens via pacote ltm no irtoys
dadi.par<-est(dadi, model="2PL",engine="ltm",nqp= 21, logistic=TRUE)

discr=dadi.par[,1]
discr= as.vector(discr)
hist(discr, col= "blue")

```

```

#itens 15 e 29 excluidos

dadin= dadi[,-c(15,29)]
dadin
dadi.par<-est(dadin, model="2PL",engine="ltm",nqp= 21, logistic=TRUE)
dadi.par[,]

discr=dadi.par[,1]
discr= as.vector(discr)
hist(discr, col= "blue")

difi=dadi.par[,2]
difi= as.vector(difi)
hist(difi, col= "red")

###estimando a maturidade
dadi.sco<-eap(dadin,dadi.par,qu=normal.qu())
matu=dadi.sco[,1]
hist(matu, col=5)
dadi.par

tetan= matu*10 +50
tetan

bn= 10*difi + 50

?irf()

###curva característica do item
plot(irf(dadi.par),label=TRUE, xlab="habi")

#curva de informação do teste
plot(tif(dadi.par),label=TRUE)

#curva de informação dos itens
plot(iif(dadi.par),label=TRUE)

#estimando a habilidade minima e máxima
min= rep(0,37)
max = rep(1,37)

resposta <- rbind(min,max)

theta.resposta<-eap(resposta, dadi.par, qu=normal.qu())
theta.resposta
#valor minimo do teste -1.515845
#valor máximo do teste 2.666129

theta.respostan= theta.resposta[,1] *10 + 50

#análise via ltm

dadi.ltm<-ltm(dadin~z1)

#gráficos
?plot()

plot(dadi.ltm,type="IIC",items=0, xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Curva de Informação do Teste" )
par(mfrow=c(4,5))

plot(dadi.ltm,items=1,col=1,lwd=2, xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 1")
plot(dadi.ltm,items=2,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade",ylab="Probabilidade", main= "Item 2")
plot(dadi.ltm,items=3,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade",ylab="Probabilidade", main= "Item 3")
plot(dadi.ltm,items=4,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 4")
plot(dadi.ltm,items=5,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade",ylab="Probabilidade", main= "Item 5")
plot(dadi.ltm,items=6,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 6")
plot(dadi.ltm,items=7,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade",ylab="Probabilidade", main= "Item 7")

```



```
plot(dadi.ltm,items=29,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 31")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=29,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 31")

par(mfrow=c(1,2))
plot(dadi.ltm,items=30,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 32")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=30,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 32")

par(mfrow=c(1,2))
plot(dadi.ltm,items=31,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 33")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=31,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 33")

par(mfrow=c(1,2))
plot(dadi.ltm,items=32,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 34")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=32,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 34")

par(mfrow=c(1,2))
plot(dadi.ltm,items=33,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 35")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=33,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 35")

par(mfrow=c(1,2))
plot(dadi.ltm,items=34,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 36")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=34,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 36")

par(mfrow=c(1,2))
plot(dadi.ltm,items=35,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 37")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=35,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 37")

par(mfrow=c(1,2))
plot(dadi.ltm,items=36,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 38")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=36,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 38")

par(mfrow=c(1,2))
plot(dadi.ltm,items=37,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Probabilidade", main= "Item 39")
plot(dadi.ltm,type="IIC",items=37,col=1,lwd=2,xlab="Maturidade", ylab="Informação", main= "Item 39")
```