

Análise da gestão ambiental de municípios brasileiros pela Teoria da Resposta ao Item

Alunos:

Leandro Alves da Silva - n^o USP: 11868023

Thiago Ferreira Miranda - n^o USP: 11925711

Resumo

Comumente são utilizados instrumentos de avaliação com o intuito de mensurar o nível de desempenho de indivíduos, grupos e/ou organizações privadas e governamentais em diversos cenários, tais como a medição do desempenho escolar de um estudante em uma determinada área do conhecimento até mesmo o grau de atendimento a um requisito legal por uma organização. Tais avaliações são realizadas também no âmbito da gestão pública. Anualmente a Pesquisa de Informações Básicas Municipais, denominada MUNIC, é realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Trata-se de pesquisa institucional e de registros administrativos da gestão pública municipal. Em 2020 a pesquisa foi realizada com 5570 municípios do Brasil. Neste trabalho a metodologia da TRI é aplicada à pesquisa MUNIC do ano de 2020, onde o foco no questionário é o atendimento de requisitos atrelados à gestão ambiental, sendo formado por 107 questões dicotômicas e não-dicotômicas. Os resultados oriundos da aplicação da Teoria da Resposta ao Item na gestão ambiental de municípios do Brasil são disponibilizados, bem como uma recomendação dos itens indicados para a formação do questionário MUNIC de acordo com a TRI.

Introdução

Este trabalho tem como objetivo aplicar a teoria da resposta ao item em um caso real, para isso foi utilizado a seção de meio ambiente da Pesquisa de Informações Básicas Municipais - MUNIC e proposta a criação de um indicador para a gestão ambiental municipal por meio da Teoria da Resposta ao Item - TRI.

Segundo Anjos e Andrade (2012) diversos pesquisadores em diferentes áreas de atuação têm direcionado esforço na busca da identificação de características que possam estar presentes em indivíduos, mas não podem ser medidas diretamente (sendo estas variáveis não observadas), as quais são comumente denominadas de traço latente, e assim desenvolver de índices, escalas apropriadas para seu enquadramento. Alguns exemplos de tais características são: nível de qualidade de vida, proficiência em matemática, grau de depressão, dentre outros.

Neste tocante, duas teorias são apresentadas, a Teoria Clássica dos Testes – TCT, que utiliza o escore no teste como sua referência de medida, e a Teoria da Resposta ao Item – TRI, cujo foco principal é o item e não o teste como um todo. Na TRI a análise de itens é efetuada por meio das estimativas de seus parâmetros e do instrumento de medida como um todo. A TRI foi desenvolvida com o propósito de resolver um problema da TCT que é a dependência da medida de proficiência em relação ao teste aplicado e dos parâmetros dos itens em relação ao conjunto dos respondentes. O que não ocorre na TRI, pois seus parâmetros (de discriminação e de dificuldade do item) não dependem do grupo de respondentes, bem como há dependência da medida de proficiência de um aluno com relação aos itens apresentados a ele. Portanto, um item mede determinado conhecimento, independentemente de quem o está respondendo, e a proficiência de um aluno não depende dos itens que estão sendo apresentados a ele.

Maiores detalhes sobre estas duas teorias podem ser encontrados em: Gulliksen (1950), Lord e Novick (1968), Lord (1980), Vianna (1987), Pasquali (2003), Andrade, Tavares e Valle (2000), Ayala (2009), Baker e Kim (2004) e Embretson e Reise (2000).

Materiais e Métodos

Teoria clássica dos testes

Coefficiente de correlação ponto-bisserial

O coeficiente de correlação ponto-bisserial (ρ_{pb}) é a correlação de Pearson entre uma variável dicotômica e o escore do teste e é definido por:

$$\rho_{pb} = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_T}{S_T} \sqrt{\frac{p}{1-p}} \quad (1)$$

em que,

\bar{X}_A é a média dos escores dos respondentes que acertaram o item;

\bar{X}_T é a média global dos escores do teste;

S_T é o desvio padrão do teste;

p é a proporção de respondentes que acertaram o item.

Coefficiente de correlação bisserial

O coeficiente de correlação bisserial (ρ_b) é uma medida de associação entre uma variável dicotomizada e uma variável contínua, e é definido por:

$$\rho_b = \rho_{pb} \frac{\sqrt{p(1-p)}}{h(p)} \quad (2)$$

em que,

ρ_{pb} é a correlação ponto-bisserial;

p é a proporção de respondentes que acertaram o item;

$h(p)$ é o valor da densidade da distribuição normal padrão no ponto em que a área da curva à esquerda deste ponto é igual a p .

Nota: Neste trabalho o coeficiente de correlação bisserial não será avaliado.

Coefficiente alfa de Cronbach

O coeficiente alfa de Cronbach é utilizado para medir a consistência interna do instrumento de medida, e é definido por:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum s_i^2}{s_T^2} \right) \quad (3)$$

em que,

n é o número de itens;

$\sum s_i^2$ é soma das variâncias dos n itens;

s_T^2 é a variância global dos escores dos testes.

Esse coeficiente varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 0 menor a consistência e quanto mais próximo de 1 maior a consistência do teste.

Teoria da Resposta ao Item

A Teoria da Resposta ao Item possui modelos vários modelos propostos na literatura, neste trabalho serão abordados os modelos logísticos unidimensionais da TRI. De acordo com Andrade (2000), os modelos logísticos para itens dicotômicos são os modelos de resposta ao item mais utilizados, os quais são referidos por 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.

Modelo de 3 parâmetros

O modelo logístico de 3 parâmetros é definido por:

$$P(U_{ij} = 1 | \theta_j) = c_i + (1 - c_i) \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_i)}} \quad (4)$$

em que,

$i : 1, 2, \dots, I$: Representa os i itens propostos para avaliar o traço latente considerado;

$j : 1, 2, \dots, n$: Representa os n indivíduos que compõe uma amostra;

U_{ij} : É uma variável dicotômica que assume os valores 1, quando o indivíduo j responde corretamente, concorda ou satisfaz as condições do item i , ou 0 caso contrário;

θ_j : Representa o traço latente do respondente j ;

$P(U_{ij} = 1 | \theta_j, a_i, b_i, c_i)$ é a probabilidade do indivíduo j com habilidade θ_j dar uma resposta correta ao item i e é denominada de Função de Resposta do Item – FRI;

b_i é o parâmetro de dificuldade (ou de posição) do item i , medido na mesma escala do traço latente;

a_i é o parâmetro de discriminação (ou inclinação) do item i , com valor proporcional à inclinação da Curva Característica do Item no ponto b_i ;

c_i é o parâmetro do item que representa a probabilidade de indivíduos com baixa habilidade responderem corretamente o item i (também chamado de probabilidade de acerto casual).

D : É uma constante de escala igual a 1, mas se utiliza o valor 1,7 quando se quer que os valores da função logística se aproximem da função ogiva normal.

Modelo de 2 parâmetros

O modelo logístico de 2 parâmetros é semelhante ao modelo de 3 parâmetros, mas não inclui o parâmetro de acerto casual no modelo.

$$P(U_{ij} = 1 | \theta_j) = \frac{1}{1 + e^{-Da_i(\theta_j - b_i)}} \quad (5)$$

Função de informação do item

A função de informação do item (item information function) permite analisar o quanto um item contém de informação sobre a medida de habilidade. Ela indica a quantidade de informação que um item apresenta dentro da escala de habilidade.

Para o modelo logístico de 2 parâmetros a função de informação do item é definida como:

$$I_i(\theta) = a_i^2 P_i(\theta)(Q_i(\theta)) \quad (6)$$

em que,

$I_i(\theta)$ é a informação fornecida pelo item i no nível de habilidade θ ;

$P_i(\theta) = P(X_{ij} = 1 | \theta)$;

$Q_i(\theta) = 1 - P_i(\theta)$;

a_i é o parâmetro de discriminação (ou inclinação) do item i .

Função de informação do teste

Dada a independência entre os itens, a função de informação do teste (teste information function) é a soma das informações fornecidas por cada item, que foram calibrados em uma mesma escala. A função de informação do teste é escrita como:

$$I(\theta) = \sum_{i=1}^I I_i(\theta) \quad (7)$$

Estimação dos Parâmetros do Itens

O processo de estimação dos parâmetros dos itens na TRI é chamado de calibração, nessa etapa é necessário que sejam satisfeitas algumas suposições, como:

- As resposta provenientes de indivíduos diferentes são independentes;
- Os itens são respondidos de forma independente por cada indivíduos, fixada a sua proficiência, isto é, a proficiência não é alterada no momento em que o indivíduo está fazendo o teste, sendo ela a única informação individual necessária para que um indivíduo acerte ou erre o item.

O método da Máxima Verossimilhança Marginal consiste em obter os valores dos parâmetros que maximizam a probabilidade de obter-se o conjunto de dados observado. Ou seja, com grande probabilidade têm sido descobertos os parâmetros que geraram a base de dados.

O processo é construído em duas etapas. Primeiro supõe-se alguma distribuição para as habilidades, como normal (μ, σ^2) , por exemplo normal com $\mu = 0$ e $\sigma^2 = 1$. Tem-se a função de verossimilhança e sua log-verossimilhança:

$$L(\zeta) = \prod_{j=1}^n \prod_{i=1}^I P_{ji}^{u_{ji}} Q_{ji}^{1-u_{ji}}, \quad (8)$$

$$\log L(\zeta) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^I \{u_{ji} \log P_{ji} + (1 + u_{ji}) \log Q_{ji}\} \quad (9)$$

A partir de então a equação de verossimilhança fica apenas em função dos parâmetros dos itens $\zeta = (a_i, b_i, c_i)$ e segundo o desenvolvimento de Baker (1992), Andrade, Tavares & Valle (2000) e Azevedo (2003), chega-se as seguintes equações de estimação:

$$a : (1 + c_i) \sum_{j=1}^n \int_{\mathbb{R}} [(u_{j.} - P_i)(\theta - b_i)] W_i g_j^*(\theta) d\theta = 0, \quad (10)$$

$$b : -a_i(1 - c_i) \sum_{j=1}^n \int_{\mathbb{R}} [(u_{j.} - P_i)] W_i g_j^*(\theta) d\theta = 0, \quad (11)$$

$$c : \sum_{j=1}^n \int_{\mathbb{R}} [(u_{j.} - P_i)] \frac{W_i}{P_i} g_j^*(\theta) d\theta \quad (12)$$

onde,

$$g_j^*(\theta) = \frac{P(u_{j.} | \theta, \zeta)}{\int_{\mathbb{R}} P(u_{j.} | \theta, \eta) g(\theta | \eta) d\theta'} \quad (13)$$

é a função densidade condicional que tradicionalmente fornece estimativa da habilidade, dado o vetor de respostas do indivíduo j .

As Equações 10, 11 e 12, por não terem soluções explícitas, são maximizadas através de algum método iterativo, tais como Algoritmo EM (Esperança-Maximização), “Scoring” de Fisher ou Newton-Raphson para obtenção dos valores (a_i, b_i, c_i) , para cada item, que maximizam a verossimilhança gerada pelos dados (ANDRADE, TAVARES e VALLE, 2000).

Estimação das Proficiências

A função apresentada em (13) é extremamente importante, pois ela representa a adaptação da função densidade caso seja obtido o conjunto de resposta do indivíduo j , representados por: $u_j = (u_{j1}; u_{j2}; \dots; u_{jn})$. Em suma, cada indivíduo tem sua própria função densidade, que será usada para estimação da proficiência.

A estimação de θ_j pela média da posteriori (ou Esperança a posteriori) de $g^*(\theta_j)$, consiste em obter a esperança dessa distribuição, que pode ser escrita como:

$$\theta_j = E(\theta|u_j, \zeta, \eta) = \int_{\mathbb{R}} \theta g_j^*(\theta) d\theta \quad (14)$$

Pesquisa de Informações Básicas Municipais - MUNIC

A Pesquisa de Informações Básicas Municipais é realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE desde 1999 e, conforme publicado em seu livro, trata-se de pesquisa institucional e de registros administrativos da gestão pública municipal. O principal interesse da Munic é a gestão pública na esfera de administração, no que se refere à organização das prefeituras, bem como o quadro funcional, estrutura e políticas públicas setoriais no âmbito das áreas pesquisadas. Em 2020, a pesquisa investigou informações sobre recursos humanos, habitação, transporte, agropecuária, meio ambiente, gestão de riscos e de desastres, e COVID-19. O questionário de meio ambiente é dividido nas seguintes seções:

1. Órgão gestor do meio ambiente;
2. Recursos humanos na área do meio ambiente por vínculo e capacitação;
3. Conselho e Fundo municipal de Meio Ambiente;
4. Legislação ou instrumento de gestão ambiental;
5. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;
6. Programas em parceria com o Governo Federal;
7. Pagamento de Serviços Ambientais;
8. Impacto Ambiental e/ou processo/ação que resulte em impacto no ambiente.

Composto pelo seguintes itens em cada seção:

Tabela 1: Órgão gestor do meio ambiente.

item.id	item.descricao	dicotomico
CodMun	Código do município	Não
Mun	Município	Não
UF	Unidade da Federação	Não
Cod UF	Código da Unidade da Federação	Não
Faixa pop	Faixa Populacional	Não
Regiao	Região territorial	Não
Mmam01	Caracterização do órgão gestor	Não

Mmam03	Sexo do(a) titular do órgão gestor	Não
Mmam04	Idade do(a) titular do órgão gestor	Não
Mmam05	Cor/raça do(a) titular do órgão gestor	Não
Mmam051	Foi respondido pelo próprio titular do órgão gestor	Não
Mmam06	Escolaridade do(a) titular do órgão gestor	Não

Tabela 2: Capacitação.

item.id	item.descricao	dicotomico
Mmam08	Nos últimos quatro anos servidores do município participaram de capacitação promovida pelo governo federal na área de meio ambiente	Sim
Mmam091	Tipo de capacitação: Estruturação da gestão municipal de meio ambiente	Sim
Mmam092	Tipo de capacitação: Licenciamento	Sim
Mmam093	Tipo de capacitação: Educação ambiental	Sim
Mmam094	Tipo de capacitação: Educação ambiental voltada para a agricultura familiar	Sim
Mmam095	Tipo de capacitação: Cadastro Ambiental Rural	Sim
Mmam096	Tipo de capacitação: Resíduos Sólidos	Sim
Mmam097	Tipo de capacitação: Produção e consumo sustentáveis	Sim
Mmam098	Tipo de capacitação: Mudança do clima	Sim
Mmam099	Tipo de capacitação: Recursos Hídricos	Sim
Mmam0910	Tipo de capacitação: Participação social em fóruns e colegiados de meio ambiente	Sim
Mmam0911	Tipo de capacitação: Outras	Sim

Tabela 3: Conselho e Fundo municipal de meio ambiente.

item.id	item.descricao	dicotomico
Mmam10	Existência	Sim
Mmam101b	Ano de criação	Não
Mmam102	Formação do conselho	Não
Mmam111	Caráter do conselho: Consultivo	Sim
Mmam112	Caráter do conselho: Deliberativo	Sim
Mmam113	Caráter do conselho: Normativo	Sim
Mmam114	Caráter do conselho: Fiscalizador	Sim
Mmam12	Quantidade de reuniões realizadas nos últimos 12 meses	Não
Mmam13	Número de conselheiros (titulares e suplentes)	Não
Mmam141	Capacitação dos membros: Periodicamente	Sim
Mmam142	Capacitação dos membros: Ocasionalmente	Sim
Mmam143	Capacitação dos membros: Não realiza	Sim
Mmam15	Município disponibiliza infraestrutura	Sim
Mmam1511	Município disponibiliza infraestrutura: Sala	Sim
Mmam1512	Município disponibiliza infraestrutura: Computador	Sim
Mmam1513	Município disponibiliza infraestrutura: Impressora	Sim
Mmam1514	Município disponibiliza infraestrutura: Acesso à internet	Sim
Mmam1515	Município disponibiliza infraestrutura: Veículo	Sim
Mmam1516	Município disponibiliza infraestrutura: Telefone	Sim
Mmam1517	Município disponibiliza infraestrutura: Diárias	Sim
Mmam1518	Município disponibiliza infraestrutura: Dotação orçamentária própria	Sim
Mmam16	A área responsável pelo tema meio ambiente dispõe de recursos financeiros específicos para serem utilizados no desenvolvimento de suas ações	Sim
Mmam17	O município possui Fundo Municipal de Meio Ambiente ou similar	Sim
Mmam171	O conselho gestor do Fundo é o Conselho Municipal de Meio Ambiente ou similar	Sim
Mmam18	No ano de 2019 foi utilizado recurso do Fundo Municipal de Meio Ambiente para ações ambientais	Sim

Tabela 4: Legislação ou instrumento de gestão ambiental.

item.id	item.descricao	dicotomico
Mmam201	Sobre coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos	Sim
Mmam20011	Ano de criação	Não
Mmam202	Sobre saneamento básico	Sim
Mmam2021	Ano de criação	Não
Mmam203	Sobre gestão de bacias hidrográficas	Sim
Mmam2031	Ano de criação	Não
Mmam204	Sobre área e/ou zona de proteção ou controle ambiental	Sim
Mmam2041	Ano de criação	Não
Mmam205	Sobre destino das embalagens utilizadas em produtos agrotóxicos	Sim
Mmam2051	Ano de criação	Não
Mmam206	Sobre poluição do ar	Sim
Mmam2061	Ano de criação	Não
Mmam207	Sobre permissão de atividades extrativas minerais	Sim
Mmam2071	Ano de criação	Não
Mmam208	Sobre fauna silvestre	Sim
Mmam2081	Ano de criação	Não
Mmam209	Sobre florestas	Sim
Mmam2091	Ano de criação	Não
Mmam2010	Sobre proteção à biodiversidade	Sim
Mmam20101	Ano de criação	Não
Mmam2011	Sobre adaptação e mitigação de mudança do clima	Sim
Mmam20111	Ano de criação	Não
Mmam2012	Nenhuma legislação citada	Sim

Tabela 5: Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

item.id	item.descricao	dicotomico
Mmam21	O município possui Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos	Sim
Mmam211	Esse plano abrange apenas esse município	Sim

Tabela 6: Programas em parceria com o Governo Federal.

item.id	item.descricao	dicotomico
Mmam221	Coletivo Educador	Sim
Mmam222	Sala verde	Sim
Mmam223	Circuito Tela Verde	Sim
Mmam224	Etapa municipal da Conferência Infanto-Juvenil pelo Meio Ambiente	Sim
Mmam225	Educação ambiental no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS	Sim
Mmam226	Sustentabilidade ambiental das instituições públicas, como a Agenda Ambiental na Administração Pública - A3P	Sim
Mmam227	Programa de Educação Ambiental e Agricultura Familiar – PEAAF	Sim
Mmam228	Etapa municipal da Conferência Nacional de Meio Ambiente	Sim
Mmam229	Nenhum dos programas	Sim

Tabela 7: Pagamento de Serviços Ambientais.

item.id	item.descricao	dicotomico
Mmam23	O município paga diretamente por serviços ambientais – PSA	Sim
Mmam2311	Fonte de recursos nos últimos 12 meses: Orçamento municipal	Sim
Mmam2312	Fonte de recursos nos últimos 12 meses: Governo Federal	Sim
Mmam2313	Fonte de recursos nos últimos 12 meses: Governo Estadual	Sim
Mmam2314	Fonte de recursos nos últimos 12 meses: Iniciativa privada	Sim
Mmam2315	Fonte de recursos nos últimos 12 meses: ONG	Sim
Mmam2316	Fonte de recursos nos últimos 12 meses: Doações	Sim
Mmam2317	Fonte de recursos nos últimos 12 meses: Outros	Sim
Mmam241	Serviço(s) ambiental(is) abrangido(s): Pagamento por ações/iniciativas que promovam a conservação e a recuperação ou melhoramento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos	Sim
Mmam242	Serviço(s) ambiental(is) abrangido(s): Pagamento por ações/iniciativas de conservação e preservação da vegetação nativa e da vida silvestre	Sim
Mmam243	Serviço(s) ambiental(is) abrangido(s): Pagamento por ações/iniciativas que promovam a conservação, a recuperação ou preservação do ambiente natural nas áreas de Unidades de Conservação, em suas respectivas zonas de amortecimento e nas Terras Indígenas	Sim
Mmam244	Serviço(s) ambiental(is) abrangido(s): Pagamento por ações/iniciativas de recuperação e conservação dos solos e recomposição da cobertura vegetal e de áreas degradadas, através do plantio de espécies nativas em sistema agroflorestal	Sim
Mmam245	Serviço(s) ambiental(is) abrangido(s): Pagamento por ações/iniciativas de conservação de remanescentes da vegetação em áreas urbanas, de importância para a manutenção e melhoramento da qualidade do ar, dos recursos hídricos e da qualidade de vida da população	Sim
Mmam246	Serviço(s) ambiental(is) abrangido(s): Pagamento por ações/iniciativas que visem especificamente a captura e retenção de carbono, com objetivo de mitigação das mudanças climáticas (conservação/restauração de ecossistemas naturais, recuperação de áreas degradadas, e adoção de práticas de manejo	Sim
Mmam247	Serviço(s) ambiental(is) abrangido(s): Outros	Sim

Tabela 8: Impacto Ambiental e/ou processo/ação que resulte em impacto no ambiente.

item.id	item.descricao	dicotomico
Mmam25	Observação no município da ocorrência de algum impacto ambiental e/ou processo/ação que resulte em impacto no ambiente nos últimos 24 meses	Sim
Mmam261	Condições climáticas extremas (secas, enxurradas)	Sim
Mmam262	Poluição do ar	Sim
Mmam263	Poluição de algum corpo d'água	Sim
Mmam264	Assoreamento de algum corpo d'água	Sim
Mmam265	Diminuição de vazão de algum corpo d'água	Sim
Mmam266	Desmatamentos	Sim
Mmam267	Queimadas	Sim
Mmam268	Contaminação do solo (por agrotóxicos, fertilizantes)	Sim
Mmam269	Perda de solos por erosão e/ou desertificação (voçorocas, arenização)	Sim
Mmam2610	Degradação de áreas legalmente protegidas	Sim
Mmam2611	Diminuição da biodiversidade (fauna e flora)	Sim
Mmam2612	Existência de moradia em situação de risco ambiental	Sim
Mmam2613	Falta de saneamento (destinação inadequada do esgoto doméstico)	Sim
Mmam2614	Outros	Sim

Resultados

Avaliação dos itens pela TCT

Para uma avaliação inicial dos dos itens quem compõem o teste e também do questionário com um todo, realizou-se a análise via teoria classica dos testes para fazer a checagem do instrumento de avaliação, onde verificou-se o coeficiente de correlação ponto-bisserial e o alpha de cronbach. Nessa avaliação, itens podem ser removidos da análise TRI por terem coeficiente de correlação ponto-bisserial baixo, indicando uma baixa correlação entre as respostas do item em relação ao escore do teste (TCT), e por terem alpha de cronbach alto quando excluimos o item, indicando que a exclusão dele aumentaria a consistência do teste. Entretanto, para a análise pela TRI, não removeu-se nenhum item.

Na análise pela TRI rodamos o modelo logístico unidimensional de 2 parâmetros, na planilha estão presentes tanto os parâmetros, quanto os escores gerados. Há também plots relacionados ao teste e a cada um dos itens. No R usamos o pacote `irt` para ambas as análises.

Tabela 9: TCT - Proporção de resposta por nível e coeficientes de correlação ponto bisserial.

	prop0	prop1	logit	bisCorr	ExBisCorr		prop0	prop1	logit	bisCorr	ExBisCorr
Mmam091	0.85	0.15	-1.74	0.30	0.26	Mmam206	0.61	0.39	-0.45	0.50	0.45
Mmam092	0.82	0.18	-1.52	0.34	0.29	Mmam207	0.71	0.29	-0.91	0.47	0.42
Mmam093	0.81	0.19	-1.45	0.34	0.29	Mmam208	0.69	0.31	-0.81	0.53	0.47
Mmam094	0.91	0.09	-2.31	0.23	0.19	Mmam209	0.67	0.33	-0.70	0.54	0.49
Mmam095	0.87	0.13	-1.87	0.25	0.20	Mmam210	0.68	0.32	-0.74	0.53	0.48
Mmam096	0.78	0.22	-1.29	0.32	0.26	Mmam211	0.92	0.08	-2.42	0.34	0.31
Mmam097	0.95	0.05	-2.87	0.23	0.20	Mmam21	0.28	0.72	0.94	0.16	0.09
Mmam098	0.96	0.04	-3.18	0.21	0.18	Mmam221	0.98	0.02	-3.74	0.13	0.11
Mmam099	0.88	0.12	-1.98	0.31	0.27	Mmam222	0.93	0.07	-2.61	0.25	0.21
Mmam0910	0.86	0.14	-1.85	0.31	0.27	Mmam223	0.98	0.02	-3.89	0.18	0.16
Mmam111	0.31	0.69	0.82	0.31	0.25	Mmam224	0.96	0.04	-3.17	0.18	0.15
Mmam112	0.27	0.73	0.97	0.36	0.30	Mmam225	0.86	0.14	-1.84	0.20	0.15
Mmam113	0.66	0.34	-0.68	0.30	0.23	Mmam226	0.95	0.05	-2.90	0.24	0.21
Mmam114	0.67	0.33	-0.71	0.24	0.17	Mmam227	0.91	0.09	-2.27	0.18	0.14
Mmam1511	0.39	0.61	0.45	0.51	0.45	Mmam228	0.94	0.06	-2.81	0.22	0.18
Mmam1512	0.46	0.54	0.14	0.53	0.47	Mmam23	0.83	0.17	-1.60	0.16	0.10
Mmam1513	0.50	0.50	0.02	0.51	0.45	Mmam25	0.27	0.73	1.01	0.32	0.26
Mmam1514	0.46	0.54	0.15	0.52	0.47	Mmam261	0.70	0.30	-0.85	0.07	0.00
Mmam1515	0.83	0.17	-1.55	0.34	0.29	Mmam262	0.93	0.07	-2.54	0.09	0.05
Mmam1516	0.69	0.31	-0.78	0.39	0.33	Mmam263	0.83	0.17	-1.60	0.17	0.12
Mmam1517	0.94	0.06	-2.73	0.24	0.21	Mmam264	0.87	0.13	-1.87	0.11	0.06
Mmam1518	0.92	0.08	-2.49	0.28	0.24	Mmam265	0.82	0.18	-1.50	0.06	0.01
Mmam16	0.47	0.53	0.11	0.39	0.33	Mmam266	0.78	0.22	-1.25	0.15	0.09
Mmam17	0.33	0.67	0.72	0.46	0.40	Mmam267	0.63	0.37	-0.55	0.15	0.08
Mmam18	0.69	0.31	-0.82	0.40	0.35	Mmam268	0.97	0.03	-3.34	0.06	0.03
Mmam201	0.37	0.63	0.55	0.38	0.32	Mmam269	0.94	0.06	-2.82	0.06	0.02
Mmam202	0.26	0.74	1.03	0.33	0.27	Mmam2610	0.95	0.05	-2.94	0.12	0.08
Mmam203	0.77	0.23	-1.19	0.40	0.35	Mmam2611	0.97	0.03	-3.32	0.06	0.03
Mmam204	0.53	0.47	-0.10	0.51	0.45	Mmam2612	0.93	0.07	-2.58	0.10	0.06
Mmam205	0.75	0.25	-1.12	0.42	0.37	Mmam2613	0.77	0.23	-1.19	0.13	0.07

Tabela 10: TCT - Alpha de Cronbach.

	alpha		alpha
All Items	0.8285	Excluding Mmam205	0.8232
Excluding Mmam091	0.8259	Excluding Mmam206	0.8209
Excluding Mmam092	0.8251	Excluding Mmam207	0.8219
Excluding Mmam093	0.8252	Excluding Mmam208	0.8203
Excluding Mmam094	0.8272	Excluding Mmam209	0.8199
Excluding Mmam095	0.8270	Excluding Mmam2010	0.8202
Excluding Mmam096	0.8257	Excluding Mmam2011	0.8254
Excluding Mmam097	0.8271	Excluding Mmam21	0.8300
Excluding Mmam098	0.8274	Excluding Mmam221	0.8282
Excluding Mmam099	0.8257	Excluding Mmam222	0.8269
Excluding Mmam0910	0.8257	Excluding Mmam223	0.8278
Excluding Mmam111	0.8262	Excluding Mmam224	0.8278
Excluding Mmam112	0.8249	Excluding Mmam225	0.8279
Excluding Mmam113	0.8267	Excluding Mmam226	0.8270
Excluding Mmam114	0.8282	Excluding Mmam227	0.8280
Excluding Mmam1511	0.8206	Excluding Mmam228	0.8273
Excluding Mmam1512	0.8201	Excluding Mmam23	0.8290
Excluding Mmam1513	0.8206	Excluding Mmam25	0.8259
Excluding Mmam1514	0.8202	Excluding Mmam261	0.8324
Excluding Mmam1515	0.8252	Excluding Mmam262	0.8291
Excluding Mmam1516	0.8241	Excluding Mmam263	0.8287
Excluding Mmam1517	0.8269	Excluding Mmam264	0.8296
Excluding Mmam1518	0.8264	Excluding Mmam265	0.8312
Excluding Mmam16	0.8240	Excluding Mmam266	0.8298
Excluding Mmam17	0.8222	Excluding Mmam267	0.8307
Excluding Mmam18	0.8237	Excluding Mmam268	0.8290
Excluding Mmam201	0.8243	Excluding Mmam269	0.8293
Excluding Mmam202	0.8256	Excluding Mmam2610	0.8285
Excluding Mmam203	0.8237	Excluding Mmam2611	0.8290
Excluding Mmam204	0.8205	Excluding Mmam2612	0.8290

Calibração dos parâmetros dos itens

Tabela 11: Itens que permaneceram na análise.

item.id	item.descricao	a	b
Mmam092	Tipo de capacitação: Licenciamento	0.3911034	4.0192004
Mmam111	Caráter do conselho: Consultivo	0.6670504	-1.3462009
Mmam112	Caráter do conselho: Deliberativo	0.8033254	-1.3692993
Mmam113	Caráter do conselho: Normativo	0.5363837	1.3588556
Mmam114	Caráter do conselho: Fiscalizador	0.3567289	2.0414043
Mmam1515	Município disponibiliza infraestrutura: Veículo	0.5166776	3.1694620
Mmam1516	Município disponibiliza infraestrutura: Telefone	0.4404272	1.8593350
Mmam1518	Município disponibiliza infraestrutura: Dotação orçamentária própria	0.7873984	3.4729833
Mmam16	A área responsável pelo tema meio ambiente dispõe de recursos financeiros específicos para serem utilizados no desenvolvimento de suas ações	0.7917055	-0.1573182
Mmam17	O município possui Fundo Municipal de Meio Ambiente ou similar	1.2060255	-0.7585176
Mmam18	No ano de 2019 foi utilizado recurso do Fundo Municipal de Meio Ambiente para ações ambientais	0.9054260	1.0581149
Mmam201	Sobre coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos	1.2244877	-0.5716440
Mmam202	Sobre saneamento básico	1.2288194	-1.0708182
Mmam203	Sobre gestão de bacias hidrográficas	1.7118219	1.0305681
Mmam204	Sobre área e/ou zona de proteção ou controle ambiental	2.1935234	0.0950452
Mmam205	Sobre destino das embalagens utilizadas em produtos agrotóxicos	1.9266202	0.9267962
Mmam206	Sobre poluição do ar	2.2662467	0.3627014
Mmam207	Sobre permissão de atividades extrativas minerais	2.0026719	0.7484075
Mmam2011	Sobre adaptação e mitigação de mudança do clima	2.3182428	1.7387244
Mmam222	Sala verde	0.7740375	3.6864818

Figura 1: Curvas Característica e Funções de Informação dos Itens e Função de Informação Total do Teste.

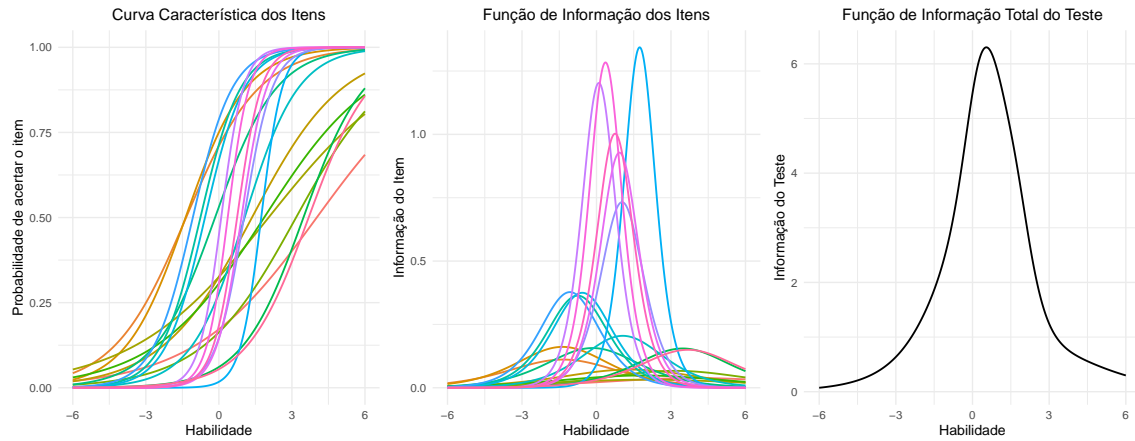
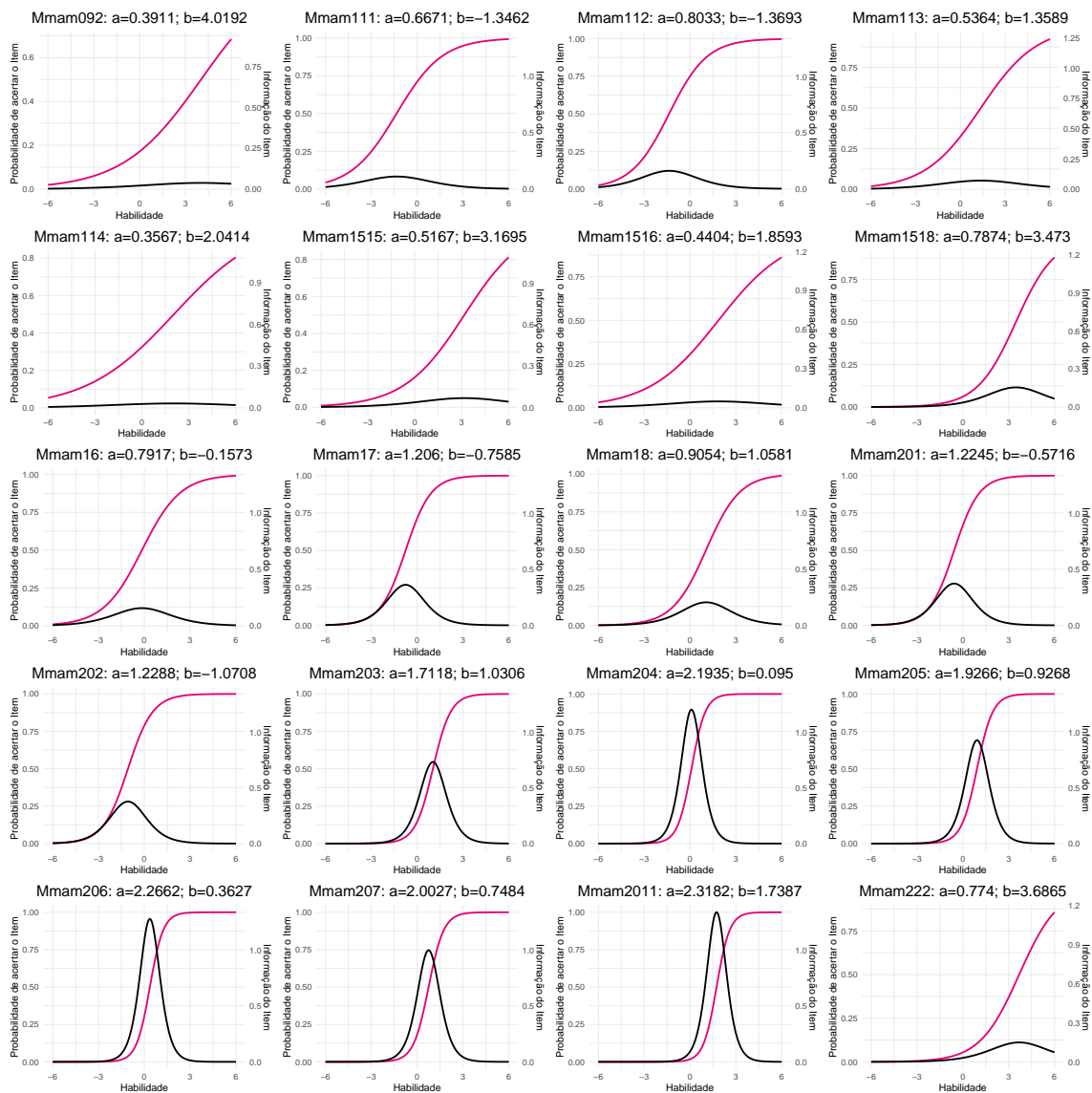
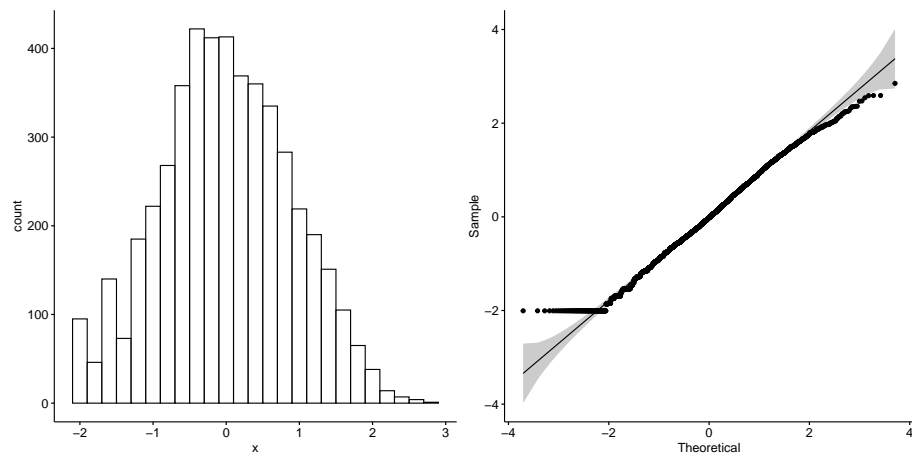


Figura 2: Curvas Característica e Funções de Informação dos Itens.



Estimação dos escores dos municípios

Figura 3: Histograma e Q-Q Plot dos escores.



Referências Bibliográficas

- [1] ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C *Teoria da resposta ao item: conceitos e aplicações*. São Paulo : ABE - Associação Brasileira de Estatística, 2000.
- [2] ANJOS, A.; ANDRADE, D. F. *Teoria de Resposta ao Item com o uso do R*. In: Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística, 2012.
- [3] AZEVEDO, C. L. N. *Métodos de estimação na teoria de resposta ao item. 2003*. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Instituto de Matemática e Estatística, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. doi:10.11606/D.45.2003.tde-05102004-163906. Acesso em: 2022-07-09.
- [4] FIGUEIREDO, A. M. R. *Mapas em R com geobr. Campo Grande-MS, Brasil: RStudio/Rpubs, 2020*. Disponível em <https://adrianofigueiredo.netlify.com/post/mapas-em-r-com-geobr/>.
- [5] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . *Pesquisa de Informações Básicas Municipais*. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.
- [6] IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Perfil dos municípios brasileiros : 2020 / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais*. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.
- [7] PARTCHEV, I.; MARIS G. *irtoys: A Collection of Functions Related to Item Response Theory (IRT)*. R package version 0.2.2, 2022 <<https://CRAN.R-project.org/package=irtoys>>.
- [8] R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022, URL <https://www.R-project.org/>.