

COMPLEX MOKKEN: UM DIÁLOGO SIMULTÂNEO ENTRE A ESTATÍSTICA, A COMPUTAÇÃO E A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL?



<https://doi.org/10.22533/at.ed.166112517035>

Data de aceite: 09/05/2025

Marcia Andrade

IF Sul de Minas Gerais
Departamento de Matemática
Campus Inconfidentes
<http://lattes.cnpq.br/5241255340122084>

PALAVRAS-CHAVE: *Complex Mokken*, capital econômico, avaliação educacional brasileira de larga escala, amostra complexa, dados amostrais complexos

RESUMO: Existem várias técnicas estatísticas robustas para a mensuração de variáveis latentes que estão inseridas numa metodologia quantitativa. Em particular, *Complex Mokken* considera o efeito de conglomeração em múltiplos estágios, da estratificação e dos pesos amostrais distintos na estimação. Dessa forma, neste estudo, a partir de uma amostra probabilística complexa de alunos brasileiros, matriculados no 5º ano do Ensino Fundamental em escolas públicas e avaliados pelo Saeb 2001, são apresentadas, resumidamente, algumas funcionalidades do software *Complex Mokken*: a inspeção visual da qualidade de alguns itens dicotomizados do Capital Econômico via *CCIs complex*. Enfim, a técnica *Complex Mokken* - com uma interface na Estatística, na Computação e na Inteligência Artificial (IA) - mostrou boa performance em investigar preliminarmente a qualidade dos itens do construto de interesse.

INTRODUÇÃO

Usamos o esfigmomanômetro para medir a pressão arterial, o pHmetro para verificar a acidez do solo, assim como o relógio para mensurar o tempo (Mokken, 1971). Diante de construtos abstratos tais como o Capital Econômico (Catani, 2024; Andrade, 2012, 2013; Soares et al., 2006), a Proficiência em Matemática no Ensino Fundamental (Bassetto e Gonçalves, 2024), o autocuidado em pessoas idosas (Sá et al., 2011) e o TDAH (Rodrigues et al., 2024), como é feita esta mensuração?

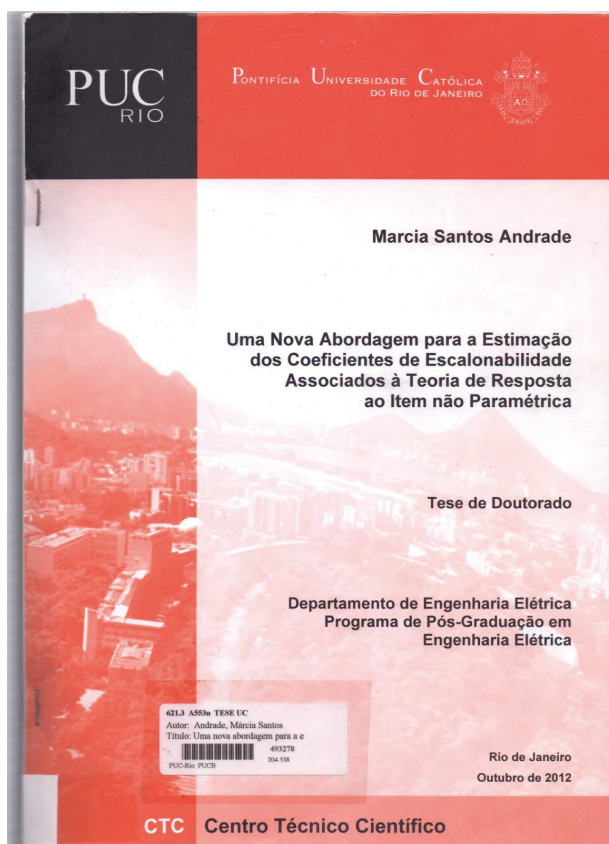
Inicialmente, pode parecer complicado responder essa indagação? Na prática, existem técnicas estatísticas robustas que podem auxiliar os pesquisadores a construir uma escala (“régua”), a partir de um conjunto de itens de interesse e uma amostra probabilística. Para exemplificar, considere a Teoria de

Resposta ao Item (TRI) (Esteves e Andrade, 2024), a Teoria Clássica dos Testes (TCT) (Delmiro et al., 2024) e a Teoria de Resposta ao Item não Paramétrica (e.g. Escala de Mokken; Mokken, 1971).

Ademais, quando alunos estão agrupados em turmas, por sua vez organizados em escolas, é adequado usar as técnicas estatísticas tradicionais citadas acima?

Na verdade, neste caso, pode ocorrer o efeito de conglomeração. Recomenda-se incorporá-lo na estimação dos modelos estatísticos, em particular, na construção de uma Escala de Mokken (Andrade, 2012).

Diante de uma lacuna nas literaturas nacional e internacional, Andrade (2012) desenvolveu uma extensão, denominada *Complex Mokken*, que derivou no software original, pioneiro, brasileiro e registrado para a inclusão de amostras complexas (c.f. Saeb, PNAD e PeNSE) na estimação de Escalas de Mokken.



Como resultado, um diálogo simultâneo com a Estatística (Amostragem Complexa), a Psicometria, a Computação e a Inteligência Artificial (e.g. algoritmos estruturados, grande volume de dados educacionais, processos automatizados de alto desempenho, eficiência, rapidez e interação com outras técnicas estatísticas).

OBJETIVOS

Em suma, este artigo - inserido numa metodologia quantitativa - destaca brevemente alguns exemplos da aplicação do software *Complex Mokken* com o uso de dados oriundos de uma avaliação educacional brasileira, em larga escala, utilizada na Educação Básica, desde 1990.

METODOLOGIA

Escalas de Mokken com Dados Amostrais Complexos

A Escala de Mokken (Mokken, 1971) é apropriada para a mensuração do construto latente de interesse, quando os pressupostos de unidimensionalidade, independência local e de monotonicidade não-decrescente das curvas características dos itens (CCIs) não são violados no conjunto de J itens dicotômicos.

De acordo com Andrade (2012), sob planos amostrais probabilísticos complexos, os estimadores

$$\hat{H}_{ijw}, \hat{H}_{iw}, \hat{H}_w$$

podem ser escritos como funções não-lineares de estimadores de *Popularidades* e de *Proporções* de ‘acertos simultâneos’ aos itens i e j , respectivamente,

$$\hat{P}_{iw} \text{ e } \hat{P}_{ijw}.$$

CCIs complex

Para inspecionar visualmente e de modo rápido a qualidade dos itens (dificuldade e discriminação) e a hipótese de monotonicidade não-decrescente, o pesquisador pode lançar mão das curvas características dos itens (Batenburg e Laros, 2001), se os dados são provenientes de amostras *AASC*.

Quando esta condição não é satisfeita, ou seja, as respostas aos itens do instrumento de mensuração de interesse foram coletadas, através de amostras complexas, torna-se apropriado optar pelas curvas *CCIs complex* (Andrade, 2012, 2016, 2017).

Participantes

Neste artigo, a amostra complexa do Saeb 2001 está restrita aos estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental, matriculados nas escolas públicas urbanas, que fizeram as provas de Língua Portuguesa e Matemática e, também, responderam ao questionário contextual com informações socioeconômicas (e.g. Capital Econômico), demográficas, culturais, hábitos de estudo, participação da família e trajetória escolar (INEP, 2001).

Para a composição desta amostra complexa, foi utilizada a amostragem conglomerada de alunos em três estágios, a estratificação das escolas e os pesos amostrais desiguais para os estudantes selecionados (Andrade, Silva e Bussab, 2001).

Ferramentas estatísticas

O programa estatístico *Complex Mokken* (Andrade, 2012) foi utilizado para calcular as estimativas pontuais dos parâmetros de interesse e os correspondentes erros padrão, incorporando as características do desenho amostral complexo do Saeb 2001, no domínio de interesse.



Fonte: Andrade, 2012.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

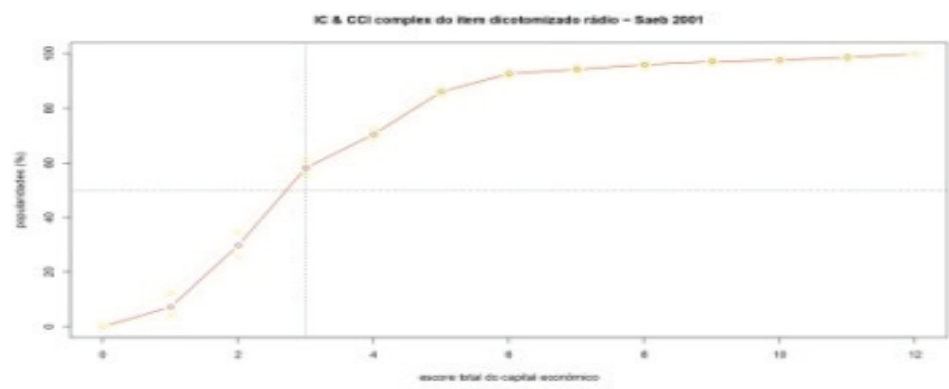


Figura 1: Sob o desenho amostral complexo do Saeb 2001, o comportamento da curva *CCI complex* para o item dicotomizados “rádio”, considerando os estudantes do 5º ano do ensino fundamental, matriculados nas escolas públicas urbanas brasileiras.

Fonte: Andrade, 2024.

Nota: As retas: horizontal e vertical sinalizam as estimativas da Popularidade em 50% e da dificuldade do item, respectivamente.

Visualmente, o comportamento monótono não-decrescente entre os escores da medida de Capital Econômico e as *Popularidades* dos seguintes itens: “quarto”, “rádio”, “empregada doméstica” e “computador” podem ser observados nas Figuras 1 a 4.

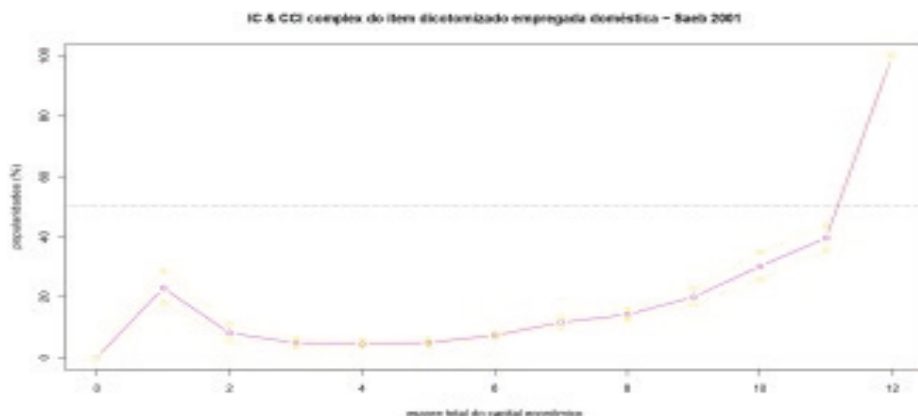


Figura 2: Sob o desenho amostral complexo do Saeb 2001, o comportamento da curva *CCI complex* para o item dicotomizado “empregada doméstica”, considerando os estudantes do 5º ano do ensino fundamental, matriculados nas escolas públicas urbanas brasileiras.

Fonte: Andrade, 2024.

Nota: As retas: horizontal e vertical sinalizam as estimativas da Popularidade em 50% e da dificuldade do item, respectivamente.

Note que “quarto” e “rádio” podem ser classificados como populares para os alunos matriculados nas escolas públicas, enquanto que “computador” e “empregada doméstica” são bens de conforto doméstico mais difíceis de serem acessados.

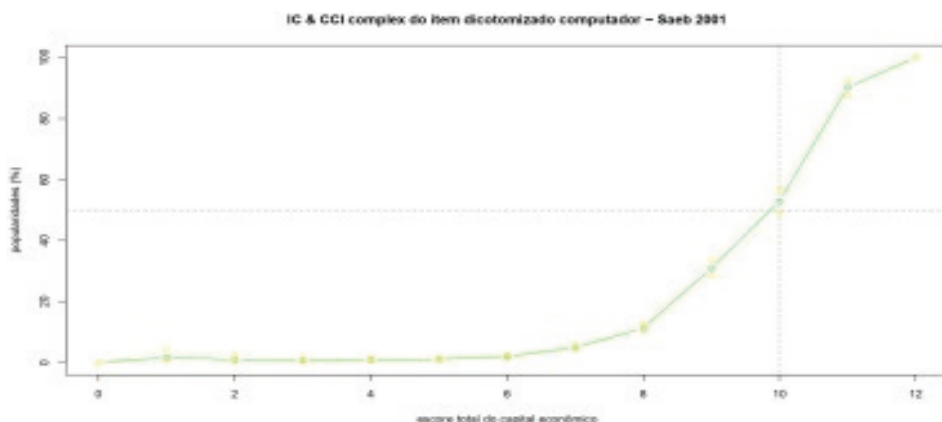


Figura 3: Sob o desenho amostral complexo do Saeb 2001, o comportamento da curva *CCI complex* para o item dicotomizado “computador”, considerando os estudantes do 5º ano do ensino fundamental, matriculados nas escolas públicas urbanas brasileiras.

Fonte: Andrade, 2024.

Nota: As retas: horizontal e vertical sinalizam as estimativas da Popularidade em 50% e da dificuldade do item, respectivamente.

De 2001 até 2023, houve uma modificação na condição socioeconômica, em particular, ao acesso a bens de conforto doméstico (e.g. Capital Econômico) pelos estudantes brasileiros, matriculados em escolas públicas. Esta evolução pode ser observada nitidamente nos questionários contextuais do Saeb. Por exemplo, os itens: “rádio” (muito comum) e “empregada doméstica” (raro) foram excluídos nas edições 2019 a 2023. Por outro lado, o item computador é ainda muito discriminativo e foi preservado no conjunto de itens.

Cabe recordar que no período da pandemia brasileira, a maioria dos estudantes nas escolas públicas (urbanas ou rurais) brasileiras enfrentou muitas dificuldades na aprendizagem online das disciplinas por não possuírem em suas residências um computador ou notebook (Sunde et al., 2020).

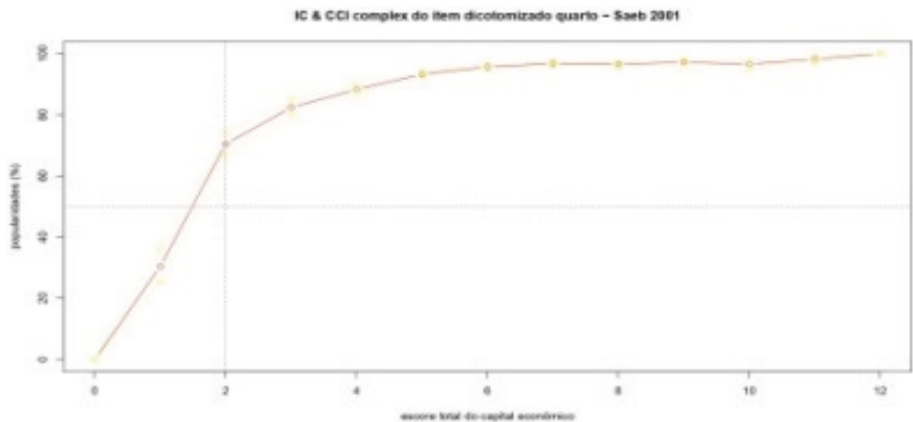


Figura 4: Sob o desenho amostral complexo do Saeb 2001, o comportamento da curva *CCI complex* para o item dicotomizado “quarto”, considerando os estudantes do 5º ano do ensino fundamental, matriculados nas escolas públicas urbanas brasileiras.

Fonte: Andrade, 2024.

Nota: As retas: horizontal e vertical sinalizam as estimativas da Popularidade em 50% e da dificuldade do item, respectivamente.

Em suma, o item “quarto” embora seja fácil, é importante mantê-lo no conjunto de itens para a mensuração do Capital Econômico, pois é imprescindível uma distribuição equilibrada dos níveis de dificuldade com o intuito de cobrir toda a extensão da magnitude do construto latente de interesse (Pasquali, 2017).

CONCLUSÕES

A proposta deste trabalho foi difundir resumidamente, algumas utilidades reais do software *Complex Mokken*: a análise visual da qualidade de alguns itens dicotomizados do Capital Econômico, a partir de uma amostra complexa de estudantes brasileiros - matriculados na rede pública - em área urbana - e avaliados pelo Saeb 2001.

Finalmente, vale reforçar que nesta investigação foi usado um grande volume de dados educacionais e muitos algoritmos computacionais estruturados inseridos em processos automatizados de alto desempenho. Melhor dizendo, uma interface preliminar e promissora com a IA.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos ao Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), à Comissão Científica do Congresso Brasileiro de Teoria de Resposta ao Item e Métodos Quantitativos de Avaliação (IX Conbratri; 2024) e à Equipe da Editora Atena.

REFERÊNCIAS

Andrade, M.S. *Uma nova abordagem para a estimação dos coeficientes de escalonabilidade associados à teoria de resposta ao item não paramétrica*, Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2012.

Andrade, M., Fernandes, C., Silva, P. L. D. N. Impacto da conglomeração na estimação do coeficiente H da Escala de Mokken. *Estudos em Avaliação Educacional*, 24, 55, 336-356, 2013.

Andrade, M. *Escala de Mokken & amostragem complexa*. Letra Capital, 2016.

Andrade, M. *Mokken scale & complex sampling designs: insights*. Autografia, 2016.

Andrade, M. *Escala de Mokken, TCT ou TRI: qual é a melhor opção?* Autografia, 2017.

Andrade, M. *Complex Mokken: novas contribuições*. Autografia, 2018.

Andrade, D.F., Silva, P.L.N., Bussab, W.O. *Plano amostral para o Saeb 2001*: versão final. Relatório, Brasília: Inep, 2001.

Bassetto, C.F., Gonçalves, G.G. Proficiência em matemática no ensino fundamental: um panorama das escolas estaduais de Araraquara. *Revista de Educação Matemática em Foco*, 12, 1, 2024.

Catani, A. M., Nogueira, M. A., Hey, A. P., de Medeiros, C. C. C. *Vocabulário Bourdieu*. Autêntica, 2024.

Delmiro, C. H., Menezes, D. B., Neto, H. B. Grau de dificuldade de itens em um teste para 9º ano do ensino fundamental: o caso de uma avaliação externa municipal. *Horizontes*, 42, 1, 2024.

Esteves, G., de Andrade, J. M. Avaliação dos Parâmetros dos Itens da Varieties of Sadistic Tendencies via TRI. *Revista Psicologia: Teoria e Prática*, 26, 2, 2024.

Mokken, R.J. *A theory and procedure of scale analysis*. Mouton: the Hague, 1971.

Pasquali, L. *Psicometria: teoria dos testes na Psicologia e Educação*. Vozes Limitada, 2017.

Rodrigues, B.F. et al. Construção e validação da escala de conhecimentos sobre o TDAH. *Revista Subjetividades*, 24, 1, 1-13, 2024.

Sá, S. P. C., dos Santos, D. M., Robers, L. M. V., Andrade, M. S., Coimbra, C. A. Q., da Cruz, T. J. P.. Uma proposta para a mensuração do autocuidado em idosos. *Cogitare Enfermagem*, 16, 4, 661-666, 2011.

da Silva Fernandes, N., Ferraz, M. S. B., Calife, M., Soares, T. M., de Riani, J. D. L. R. Análise contextual do PROEB 2006.

Sunde, R. M., Júlio, Ó. A., Nhaguaga, M. A. F. O ensino remoto em tempos da pandemia da covid-19: desafios e perspectivas. *Epistemologia e Práxis Educativa*, 3, 3, 2020.

Van Batenburg, T.A., Laros, J.A. *A graphical analysis of test items*. In: Educational Research and Evaluation (an International Journal on Theory and Practice). Lisse: Swets e Zeitlinger, 2001.