

## **Pruning trees, complexity cost may not be a good approach: initial evidence**

Cristiano Mauro Assis Gomes (LAICO, Universidade Federal de Minas Gerais)

Heitor Blesa Farias (LAICO, Universidade Federal de Minas Gerais)

Jhonys de Araujo (LAICO, Universidade Federal de Minas Gerais)

Enio Galinkin Jelihovschi (LAICO, Universidade Estadual de Santa Cruz)

### **Background**

The Laboratory for Cognitive Architecture Mapping [Laboratório de Investigação da Arquitetura Cognitiva (LAICO)] was founded in 2009 in the department of psychology of the Federal University of Minas Gerais, Brazil. Its mission consists in articulating the psychometrics fields in educational issues and investigating the validity of psychological constructs, particularly related to the educational psychology field. In other words, LAICO aims to contribute to three research lines.

The first involves the construction and validation of psychological tests, particularly related to educational outcomes (Costa, Gomes & Fleith, 2017; Gomes, & Golino, 2012; Golino & Gomes, 2012, 2014b; Golino, Gomes, & Andrade, 2014; Gomes, 2010b, 2011b, 2021a, 2012b; Gomes & Borges, 2007, 2008a, 2008c, 2009b, 2009c; Gomes & Gjikuria, 2017, 2018; Gomes & Golino, 2012a, 2012b; Golino & Gomes, 2011; Gomes & Golino, 2014; Gomes, Golino & Menezes, 2014; Gomes, 2010c, 2011a, 2013; Gomes, Araujo, & Jelihovschi, 2020; Gomes & Golino, 2012c; Gomes et al., 2019; Gomes, Golino, Pinheiro, Miranda, & Soares, 2011; Gomes & Linhares, 2018; Gomes et al., 2021; Gomes & Marques, 2016; Gomes, Marques, & Golino, 2014; Pinheiro, Gomes, & Braga, 2009; Rodrigues & Gomes, 2020; Silveira & Gomes, 2014; Silveira, Gomes, & Golino, 2012).

Many of these tests are available for research and teaching in researchgate (Gomes & Nascimento, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d, 2021e, 2021f, 2021g, 2021h, 2021i, 2021j, 2021k, 2021l, 2021m, 2021n, 2021o, Gomes, Nascimento & Araujo, 2021a, 2021b, 2021c, 2021d)

The second contribution of LAICO involves cooperation with many research centers, concerning the validation of theoretical models or instruments of measurement (Alves, Gomes, Martins, & Almeida, 2016, 2017, 2018; Araujo, Gomes, Almeida, & Núñez, 2018; Casanova, Gomes, Bernardo, Núñez, & Almeida, 2021; Fleith et al. 2020; Fleith & Gomes, 2019; Fleith, Gomes, Marinho-Araujo, & Almeida, 2020; Matos, Brown, Gomes, 2019; Monteiro, Almeida, Gomes, & Sinval, 2020; Golino, Gomes, Commons, Miller, 2014; Golino & Gomes, 2015, 2019; Martins, Gomes, Alves, & Almeida, 2018; Andre, Gomes, & Loureiro, 2016, 2017, 2018, 2020a, 2020b, 2020c; Rosário, Gomes, & Loureiro, 2019; Sampaio, Loureiro & Gomes, 2015; Costa, Gomes, Andrade, & Samulski, 2012; Moura, Gomes, Blanc, Mesquita, & Ferreira, 2014; Rosa et al., 2013; Cardoso, Seabra, Gomes, & Fonseca, 2019; Dias et al., 2015; Mecca et al., 2015; Pazeto, Dias, Gomes, & Seabra, 2019, 2020; Reppold et al., 2015; Gomes & Borges, 2007, 2008c; Laros, Valentini, Gomes, & Andrade, 2014; Muniz, Pasian, & Gomes, 2016; Valentini et al., 2015).

The third contribution of LAICO involves both the applications of innovative statistics and algorithms of machine learning, as well as, the elaboration of original methodologies (Cardoso, Seabra, Gomes, & Fonseca, 2019; Ferreira & Gomes, 2017; Fleith & Gomes, 2019; Gauer, Gomes, & Haase, 2010; Golino, Andrade, & Gomes, 2014; Golino & Gomes, 2012, 2014a, 2014c, 2016, 2019; Golino, Gomes, Amantes, & Coelho, 2015; Gomes, 2007a, 2007b, 2010a, 2020a, 2020b; Gomes & Almeida, 2017; Gomes, Almeida, & Núñez, 2017; Gomes, Amantes, & Jelihovschi, 2020; Gomes, Araujo, Ferreira, & Golino, 2014; Gomes, Araujo, Nascimento, & Jelihovisch, 2018; Gomes & Borges, 2008b, 2009a; Gomes, Fleith, Marinho-Araujo, & Rabelo, 2020; Gomes & Gjikuria, 2017; Gomes & Golino, 2015; Gomes, Golino, & Costa, 2013; Gomes, Golino & Peres, 2016, 2018, 2020; Gomes, Golino, Santos, & Ferreira, 2014; Gomes & Jelihovschi, 2016, 2019; Gomes, Lemos, & Jelihovschi, 2020; Gomes, Linhares, Jelihovschi, & Rodrigues, 2021; Gomes, Nascimento, & Peres, 2019; Gomes & Valentini, 2019; Jelihovschi, & Gomes, 2019; Matos, Brown, Gomes, 2019; Pereira, Golino & Gomes, 2019; Pires & Gomes, 2017, 2018; Ricci, Gomes, Nico, & Seabra, 2020; Rodrigues & Gomes, 2020).

## **Question of Research**

The researchers of LAICO have been using the CART algorithm for tree analysis in many educational and psychological data and many papers resulted from this work, as Gomes and Almeida (2017) and Gomes and Jelihovschi (2019), which discussed the use of decision and regression tree methods in educational datasets. The CART algorithm along with other algorithms for tree analysis require pruning the tree, in order to eliminate the leaves resulting from noise and do not contribute to the prediction of the outcome. The mainstream approach consists in using the cross-validation K-folder and the identification of the cutoff point value which minimizes the error of prediction to do the pruning. This approach is called complexity cost criterion. Another criterion also largely used is the interpretability, which involves pruning the tree by selecting only a number of leaves which are small enough to allow the researcher to interpret them and get a clear view of

their meaning. The complexity cost criterion is considered an objective criterion, because it uses the cut-point where the tree is pruned to the smallest error of prediction. Compared to it, the interpretability criterion seems to be an arbitrary cutoff point chosen by convenience. However, this apparent adequacy of the complexity cost criterion is a mistake. Two simulation analyses conducted by the researchers of LAICO show that this criterion is not suitable and the interpretability criterion is much more appropriate to analyse a tree.

### **Scopus of the Paper**

We created a true tree with 20 leaves and ran two simulation analyses (the code is in appendix), the first generating 100 samples of  $N = 239$  and the second generating 100 samples of  $N = 10000$ . We used those simulations to test the adequacy of the complexity cost criterion in pruning the trees, that is, whether by using this criterion the trees were pruned to the correct number of leaves.

### **Results**

The simulation of  $N = 239$  produced pruned trees with an average of 12.21 (SD = 3.86) leaves, and a range of 2 to 20 leaves. The simulation of  $N = 10000$  produced an average of 53.62 (SD = 12.11) leaves for the pruned trees, and a range of 36 to 85 leaves.

The complexity cost criterion generated pruned trees which clearly underestimated the true number of leaves in the small samples ( $N = 239$ ) and largely overestimated the correct number of leaves in the large samples ( $N = 10000$ ). In short, these results show that the complexity cost criterion does not lead to the correct number of leaves.

### **Conclusion**

Our study brings initial evidence that the complexity cost criterion may be ineffective. In small samples, there is a tendency to underestimate the correct number of leaves, while in large samples there is a tendency to overestimate the correct number of leaves. Although the interpretability criterion appears to be guided by convenience, it nonetheless may be better than the complexity cost criterion to estimate the correct number of leaves. The lack of objectivity of the pruning guided by this criterion, can be evaluated through an old approach used in the scientific field, that is, the replicability in different samples. The number of leaves and the adequacy of the tree produced by the interpretability criterion can be evaluated by observing the number of times that these leaves occur in different samples in a similar context of study. If the same variables are used in a similar predictive model in one hundred samples, for example, then the leaves that are continually present

and show consistent and similar values may be seen as valid. Instead of searching a true tree through a criterion to cut the tree, our study suggests that it may be more effective to evaluate the validity of the tree through this old and powerful strategy of the scientific field.

## References

- Alves, A. F., Gomes, C. M. A., Martins, A., & Almeida, L. S. (2018). The structure of intelligence in childhood: age and socio-familiar impact on cognitive differentiation. *Psychological Reports*, 121(1), 79-92. doi: 10.1177/0033294117723019
- Alves, A. F., Gomes, C. M. A., Martins, A., & Almeida, L. S. (2016). Social and cultural contexts change but intelligence persists as incisive to explain children's academic achievement. *PONTE: International Scientific Researches Journal*, 72(9), 70-89. doi: 10.21506/j.ponte.2016.9.6
- Alves, A. F., Gomes, C. M. A., Martins, A., & Almeida, L. S. (2017). Cognitive performance and academic achievement: How do family and school converge? *European Journal of Education and Psychology*, 10(2), 49-56. doi: 10.1016/j.ejeps.2017.07.001
- Alves, F. A., Flores, R. P., Gomes, C. M. A., Golino, H. F. (2012). Preditores do rendimento escolar: inteligência geral e crenças sobre ensino-aprendizagem. *Revista E-PSI*, 1, 97-117. <https://revistaepsi.com/artigo/2012-ano2-volume1-artigo5/>
- André, A. M., Gomes, C. M. A., Loureiro, C. M. V. (2016). Escalas Nordoff Robbins: uma revisão bibliográfica. *Percepta*, 3(2), 117-131, 2016. doi: 10.34018/2318-891X.3(2)117-131
- André, A. M., Gomes, C. M. A., Loureiro, C. M. V. (2017). Equivalência de itens, semântica e operacional da versão brasileira da Escala Nordoff Robbins de Comunicabilidade Musical. *OPUS*, 23(2), 153. doi:10.20504/opus2017b2309.
- André, A. M. B., Gomes, C. M. A., & Loureiro, C. M. V. (2018). Reliability Inter-examiners of The Nordoff Robbins Musical Communicativeness Scale Brazilian Version. *11th International Conference of Students of Systematic Musicology*, 101–105. <http://musica.ufmg.br/sysmus2018/wp-content/uploads/2018/07/Reliability-Inter-examiners-of-the-Nordoff-Robbins-Musical-Communicativeness-Scale-Brazilian-Version.pdf>
- André, A. M. B., Gomes, C. M. A., & Loureiro, C. M. V. (2020a). Confiabilidade Interexaminadores da Escala de Relação Criança-Terapeuta na Experiência Musical Coativa para validação no contexto brasileiro. *Hodie*, 20, e64243, 1–18. doi:10.5216/mh.v20.64243
- André, A. M. B., Gomes, C. M. A., & Loureiro, C. M. V. (2020b). Confiabilidade Interexaminadores da versão brasileira da Escala Nordoff Robbins de Comunicabilidade Musical. In *Estudos Latino-americanos em Música*. vol.2 (pp. 152–163). Artemis. doi:10.37572/EdArt\_13210092015
- André, A. M. B., Gomes, C. M. A., & Loureiro, C. M. V. (2020c). Equivalência de itens, semântica e operacional da “Escala de

Musicabilidade: Formas de Atividade, Estágios e Qualidades de Engajamento.” *Orfeu*, 5(2), 1–22. doi:10.5965/2525530405022020e0010

- Araújo, A. M., Gomes, C. M. A., Almeida, L. S., & Núñez, J. C. (2018). A latent profile analysis of first-year university students’ academic expectations. *Anales De Psicología / Annals of Psychology*, 35(1), 58-67. doi:10.6018/analesps.35.1.299351
- Cardoso, C. O., Seabra, A. G., Gomes, C. M. A., & Fonseca, R. P. (2019). Program for the neuropsychological stimulation of cognition in students: impact, effectiveness, and transfer effect on student cognitive performance. *Frontiers in Psychology*, 10, 1-16. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01784
- Casanova, J. R., Gomes, C. M. A., Bernardo, A. B., Núñez, J. C., & Almeida, L. S. (2021). Dimensionality and reliability of a screening instrument for students at-risk of dropping out from higher education. *Studies in Educational Evaluation*, 68, 100957. doi: 10.1016/j.stueduc.2020.100957
- Costa, V. T., Gomes, C. M. A., Andrade, A. G. P., & Samulski, Di. M. (2012). Validação das propriedades psicométricas do RESTQ-Coach na versão brasileira. *Motriz: Revista de Educação Física*, 18(2), 218-232. doi:10.1590/S1980-65742012000200002
- Costa, B. C. G., Gomes, C. M. A., & Fleith, D. S. (2017). Validade da Escala de Cognitiones Acadêmicas Autorreferentes: autoconceito, autoeficácia, autoestima e valor. *Avaliação Psicológica*, 16(1), 87-97. doi: 10.15689/ap.2017.1601.10
- Dias, N. M., Gomes, C. M. A., Reppold, C. T., Fioravanti-Bastos, A., C., M., Pires, E. U., Carreiro, L. R. R., & Seabra, A. G. (2015). Investigação da estrutura e composição das funções executivas: análise de modelos teóricos. *Psicologia: teoria e prática*, 17(2), 140-152. doi: 10.15348/1980-6906/psicologia.v17n2p140-152
- Ferreira, M. G., & Gomes, C. M. A. (2017). Intraindividual analysis of the Zarit Burden Interview: a Brazilian case study. *Alzheimers & Dementia*, 13, P1163-P1164. doi: 0.1016/j.jalz.2017.06.1710
- Fleith, D. S., Almeida, L. S., Marinho-Araujo, C. M., Gomes, C. M. A., Bisinoto, C., & Rabelo, M. L. (2020). Validity evidence of a scale on academic expectations for higher education. *Paidéia*, 30, e3010. doi: 10.1590/1982-4327e3010
- Fleith, D. S., & Gomes, C. M. A. (2019). Students' assessment of teaching practices for creativity in graduate programs. *Avaliação Psicológica*, 18(3), 306-315. doi: 10.15689/ap.2019.1803.15579.10
- Fleith, D. S., Gomes, C. M. A., Marinho-Araujo, C. M., & Almeida, L. S. (2020). Expectativas de sucesso profissional de ingressantes na educação superior: estudo comparativo. *Avaliação Psicológica*, 19(3), 223-231. doi: 10.15689/ap.2020.1903.17412.01

- Gauer, G., Gomes, C. M. A., & Haase V. G. (2010). Neuropsicometria: Modelo clássico e análise de Rasch. In *Avaliação Neuropsicológica*, (pp. 22-30). Porto Alegre: Artmed, 2010.
- Golino, H. F., & Gomes, C. M. A. (2011). Preliminary internal validity evidences of two Brazilian Metacognitive Tests. *International Journal of Testing*, 26, 11-12. <https://www.intestcom.org/files/ti26.pdf>
- Golino, H. F., & Gomes, C. M. A. (2012). The Structural validity of the Inductive Reasoning Developmental Test for the measurement of developmental stages. *International Journal of Testing*, 27, 10-11. [https://www.researchgate.net/publication/269985854\\_The\\_Structural\\_Vailidity\\_of\\_the\\_Inductive\\_Reasoning\\_Developmental\\_Test\\_for\\_the\\_Measurement\\_of\\_Developmental\\_Stages](https://www.researchgate.net/publication/269985854_The_Structural_Vailidity_of_the_Inductive_Reasoning_Developmental_Test_for_the_Measurement_of_Developmental_Stages)
- Golino, H. F., & Gomes, C. M. A. (2014a). Four Machine Learning methods to predict academic achievement of college students: a comparison study. *Revista E-Psi*, 1, 68-101. Retirado de <https://revistaepsi.com/artigo/2014-ano4-volume1-artigo4/>
- Golino, H.F., & Gomes, C.M.A. (2014b). Psychology data from the “BAFACALO project: The Brazilian Intelligence Battery based on two state-of-the-art models – Carroll’s Model and the CHC model”. *Journal of Open Psychology Data*, 2(1), p.e6. doi: 10.5334/jopd.af
- Golino, H. F., & Gomes, C. M. A. (2014c). Visualizing random forest’s prediction results. *Psychology*, 5, 2084-2098. doi: 10.4236/psych.2014.519211
- Golino, H. F., Gomes, C. M. A., & Andrade, D. (2014). Predicting academic achievement of high-school students using machine learning. *Psychology*, 5, 2046-2057. doi: 10.4236/psych.2014.518207
- Golino, H. F., & Gomes, C. M. A. (2015). Investigando estágios de desenvolvimento do raciocínio indutivo usando a análise fatorial confirmatória, o Modelo Logístico Simples de Rasch e o modelo de teste logístico linear (Rasch Estendido). In H. F. Golino, C. M. Gomes, A. Amantes, & G. Coelho, *Psicometria Contemporânea: Compreendendo os Modelos Rasch* (pp. 283-331). São Paulo: Casa do Psicólogo/Pearson.
- Golino, H. F., & Gomes, C. M. A. (2016). Random forest as an imputation method for education and psychology research: its impact on item fit and difficulty of the Rasch model. *International Journal of Research & Method in Education*, 39(4), 401-421. doi: 10.1080/1743727X.2016.1168798
- Golino, H. F. & Gomes, C. M. A. (2019) *TDRI: Teste de Desenvolvimento do Raciocínio Indutivo*. São Paulo: Hogrefe.
- Golino, H. F., Gomes, C. M. A., Amantes, A., & Coelho, G. (2015). *Psicometria contemporânea: compreendendo os Modelos Rasch* (1<sup>st</sup> ed., p. 416). São Paulo: Casa do Psicólogo.

- Golino, H. F., Gomes, C. M. A., Commons, M. L., & Miller, P. M. (2014). The construction and validation of a developmental test for stage identification: Two exploratory studies. *Behavioral Development Bulletin*, 19(3), 37-54. doi: 10.1037/h0100589
- Gomes, C. M. A. (2005). Uma análise dos fatores cognitivos mensurados pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). *Tese de Doutorado*. Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.  
<http://hdl.handle.net/1843/FAEC-85RJNN>
- Gomes, C. M. A. (2007a). *Apostando no desenvolvimento da inteligência; em busca de um novo currículo educacional para o desenvolvimento do pensamento humano*. Rio de Janeiro: Lamparina.
- Gomes, C.M.A. (2007b). Softwares educacionais podem ser instrumentos psicológicos. *Psicologia Escolar e Educacional*, 11(2), 391-401.  
[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-85572007000200016&lng=pt&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-85572007000200016&lng=pt&tlng=pt).
- Gomes, C. M. A. (2010a). Avaliando a avaliação escolar: notas escolares e inteligência fluida. *Psicologia em Estudo*, 15(4), 841-849. doi: 10.1590/S1413-73722010000400020
- Gomes, C. M. A. (2010b). Estrutura fatorial da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BaFaCalo). *Avaliação Psicológica*, 9(3), 449-459.  
[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04712010000300011&lng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712010000300011&lng=pt).
- Gomes, C. M. A. (2010c). Perfis de estudantes e a relação entre abordagens de aprendizagem e rendimento Escolar. *Psico (PUCRS. Online)*, 41(4), 503-509.  
<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistapsico/article/view/6336>
- Gomes, C. M. A. (2011a). Abordagem profunda e abordagem superficial à aprendizagem: diferentes perspectivas do rendimento escolar. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 24(3), 438-447. doi: 10.1590/S0102-79722011000300004
- Gomes, C. M. A. (2011b). Validade do conjunto de testes da habilidade de memória de curto-prazo (CTMC). *Estudos de Psicologia (Natal)*, 16(3), 235-242.  
doi:10.1590/S1413-294X2011000300005
- Gomes, C. M. A. (2012a). A estrutura fatorial do inventário de características da personalidade. *Estudos de Psicologia (Campinas)*, 29(2), 209-220. doi:10.1590/S0103-166X2012000200007
- Gomes, C. M. A. (2012b). Validade de construto do conjunto de testes de inteligência cristalizada (CTIC) da bateria de fatores cognitivos de alta-ordem (BaFaCAIO). *Gerais : Revista Interinstitucional de Psicologia*, 5(2), 294-316.  
[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-82202012000200009&lng=pt&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-82202012000200009&lng=pt&tlng=pt).

- Gomes, C. M. A. (2013). A construção de uma medida em abordagens de aprendizagem. *Psico (PUCRS. Online)*, 44(2), 193-203.  
<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/revistapsico/article/view/11371>
- Gomes, C. M. A. (2020a). Análises estatísticas para estudos de intervenção. In M. Mansur-Alves & J. B. Lopes-Silva, *Intervenção cognitiva: dos conceitos às práticas baseadas em evidências para diferentes aplicações* (pp. 93-107). Belo Horizonte: T.Ser.
- Gomes, C. M. A. (2020b). Programa de Enriquecimento Instrumental: evidências de eficácia para intervenção cognitiva. In M. Mansur-Alves & J. B. Lopes-Silva, *Intervenção cognitiva: dos conceitos às práticas baseadas em evidências para diferentes aplicações* (pp. 621-639). Belo Horizonte: T.Ser.
- Gomes, C. M. A., & Almeida, L. S. (2017). Advocating the broad use of the decision tree method in education. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 22(10), 1-10.  
<https://pareonline.net/getvn.asp?v=22&n=10>
- Gomes, C. M. A., Almeida, L. S., & Núñez, J. C. (2017). Rationale and applicability of exploratory structural equation modeling (ESEM) in psychoeducational contexts. *Psicothema*, 29(3), 396-401. doi: 10.7334/psicothema2016.369
- Gomes, C.M.A., Amantes, A., & Jelihovschi, E.G. (2020). Applying the regression tree method to predict students' science achievement. *Trends in Psychology*, 28, 99-117. doi: 10.9788/s43076-019-00002-5
- Gomes, C. M. A., Araujo, J., Nascimento, E., & Jelihovisch, E. (2018). Routine Psychological Testing of the Individual Is Not Valid. *Psychological Reports*, 122(4), 1576-1593. doi: 10.1177/0033294118785636
- Gomes, C. M. A., Araujo, J., & Jelihovschi, E. G. (2020). Approaches to learning in the non-academic context: construct validity of Learning Approaches Test in Video Game (LAT-Video Game). *International Journal of Development Research*, 10(11), 41842-41849. doi: 10.37118/ijdr.20350.11.2020
- Gomes, C. M. A., & Borges, O. N. (2007). Validação do modelo de inteligência de Carroll em uma amostra brasileira. *Avaliação Psicológica*, 6(2), 167-179.  
[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04712007000200007&lng=en&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712007000200007&lng=en&tlng=pt).
- Gomes, C. M. A., & Borges, O. N. (2008a). Avaliação da validade e fidedignidade do instrumento crenças de estudantes sobre ensino-aprendizagem (CrEA). *Ciências & Cognição (UFRJ)*, 13(3), 37-50.  
<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/60>
- Gomes, C. M. A., & Borges, O. (2008b). Limite da validade de um instrumento de avaliação docente. *Avaliação Psicológica*, 7(3), 391-401.  
[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04712008000300011&lng=pt&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712008000300011&lng=pt&tlng=pt).

- Gomes, C. M. A., & Borges, O. (2008c). Qualidades psicométricas de um conjunto de 45 testes cognitivos. *Fractal: Revista de Psicologia*, 20(1), 195-207. doi:10.1590/S1984-02922008000100019
- Gomes, C. M. A. & Borges, O. N. (2009a). O ENEM é uma avaliação educacional construtivista? Um estudo de validade de construto. *Estudos em Avaliação Educacional*, 20(42), 73-88. doi: 10.18222/dae204220092060
- Gomes, C. M. A.s, & Borges, O. N. (2009b). Propriedades psicométricas do conjunto de testes da habilidade visuo espacial. *PsicoUSF*, 14(1), 19-34.  
[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-82712009000100004&lng=pt&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-82712009000100004&lng=pt&tlng=pt).
- Gomes, C. M. A., & Borges, O. (2009c). Qualidades psicométricas do conjunto de testes de inteligência fluida. *Avaliação Psicológica*, 8(1), 17-32.  
[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-04712009000100003&lng=pt&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04712009000100003&lng=pt&tlng=pt).
- Gomes, C. M. A., de Araújo, J., Ferreira, M. G., & Golino, H. F. (2014). The validity of the Cattell-Horn-Carroll model on the intraindividual approach. *Behavioral Development Bulletin*, 19(4), 22-30. doi: 10.1037/h0101078
- Gomes, C. M. A., Fleith, D. S., Marinho-Araujo, C. M., & Rabelo, M. L. (2020). Predictors of students' mathematics achievement in secondary education. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 36, e3638. doi:10.1590/0102.3772e3638
- Gomes, C. M. A., & Gjokuria, J. (2017). Comparing the ESEM and CFA approaches to analyze the Big Five factors. *Avaliação Psicológica*, 16(3), 261-267. doi:10.15689/ap.2017.1603.12118
- Gomes, C. M. A., & Gjokuria, E. (2018). Structural Validity of the School Aspirations Questionnaire (SAQ). *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 34, e3438. doi:10.1590/0102.3772e3438
- Gomes, C. M. A., & Golino, H. F. (2012a). O que a inteligência prediz: diferenças individuais ou diferenças no desenvolvimento acadêmico? *Psicologia: teoria e prática*, 14(1), 126-139. [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-36872012000100010&lng=pt&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-36872012000100010&lng=pt&tlng=pt).
- Gomes, C. M. A., & Golino, H. F. (2012b). Relações hierárquicas entre os traços amplos do Big Five. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 25(3), 445-456. doi:10.1590/S0102-79722012000300004
- Gomes, C. M. A., & Golino, H. F. (2012c). Validade incremental da Escala de Abordagens de Aprendizagem (EABAP). *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 25(4), 400-410. doi:10.1590/S0102-79722012000400001

- Gomes, C. M. A., & Golino, H. F. (2014). Self-reports on students' learning processes are academic metacognitive knowledge. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 27(3), 472-480. doi: 10.1590/1678-7153.201427307
- Gomes, C. M. A., & Golino, H. (2015). Factor retention in the intra-individual approach: Proposition of a triangulation strategy. *Avaliação Psicológica*, 14(2), 273-279. doi: 10.15689/ap.2015.1402.12
- Gomes, C. M. A., Golino, H. F., & Costa, B. C. G. (2013). Dynamic system approach in psychology: proposition and application in the study of emotion, appraisal and cognitive achievement. *Problems of Psychology in the 21st Century*, 6, 15-28. <http://www.journals.indexcopernicus.com/abstracted.php?level=5&icid=1059487>
- Gomes, C. M. A., Golino, H. F., & Menezes, I. G. (2014). Predicting School Achievement Rather than Intelligence: Does Metacognition Matter? *Psychology*, 5, 1095-1110. doi: 10.4236/psych.2014.59122
- Gomes, C. M. A., Golino, H. F., & Peres, A. J. S. (2016). Investigando a validade estrutural das competências do ENEM: quatro domínios correlacionados ou um modelo bifatorial. *Boletim na Medida (INEP-Ministério da Educação)*, 5(10), 33-30. <http://portal.inep.gov.br/documents/186968/494037/BOLETIM+NA+MEDIDA+-+N%C2%BA+10/4b8e3d73-d95d-4815-866c-ac2298dff0bd?version=1.1>
- Gomes, C. M. A., Golino, H. F., & Peres, A. J. S. (2018). Análise da fidedignidade composta dos escores do enem por meio da análise fatorial de itens. *European Journal of Education Studies*, 5(8), 331-344. doi:10.5281/zenodo.2527904
- Gomes, C. M. A., Golino, H. F., & Peres, A. J. S. (2020). Fidedignidade dos escores do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). *Psico (RS)*, 54(2), 1-10. doi: 10.15448/1980-8623.2020.2.31145.
- Gomes, C. M. A., Golino, H. F., Pinheiro, C. A. R., Miranda, G. R., & Soares, J. M. T. (2011). Validação da Escala de Abordagens de Aprendizagem (EABAP) em uma amostra Brasileira. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 24(1), 19-27. doi: 10.1590/S0102-79722011000100004
- Gomes, C. M. A., Golino, H. F., Santos, M. T., & Ferreira, M. G. (2014). Formal-Logic Development Program: Effects on Fluid Intelligence and on Inductive Reasoning Stages. *British Journal of Education, Society & Behavioural Science*, 4(9), 1234-1248. <http://www.sciencedomain.org/review-history.php?iid=488&id=21&aid=4724>
- Gomes, C. M. A., & Jelihovich, E. (2016). Proposing a new approach and a rigorous cut-off value for identifying precognition. *Measurement*, 93, 117-125. doi: 10.1016/j.measurement.2016.06.066
- Gomes, C. M. A., & Jelihovschi, E. (2019). Presenting the regression tree method and its application in a large-scale educational dataset. *International Journal of Research & Method in Education*. doi: 10.1080/1743727X.2019.1654992

- Gomes, C. M. A., Lemos, G. C., & Jelihovschi, E. G. (2020). Comparing the predictive power of the CART and CTREE algorithms. *Avaliação Psicológica*, 19(1), 87-96. doi: 10.15689/ap.2020.1901.17737.10
- Gomes, C. M. A., & Linhares. (2018). Investigação da validade de conteúdo do TAP-Pensamento. Pôster. *I Encontro Anual da Rede Nacional de Ciência para Educação (CPE)*. doi: 10.13140/RG.2.2.31110.40006
- Gomes, C. M. A., Linhares, I. S., Jelihovschi, E. G., & Rodrigues, M. N. S. (2021). Introducing rationality and content validity of SLAT-Thinking. *International Journal of Development Research*, 11(1), 43264-43272, doi: 10.37118/ijdr.20586.01.2021
- Gomes, C. M. A., & Marques, E. L. L. (2016). Evidências de validade dos estilos de pensamento executivo, legislativo e judiciário. *Avaliação Psicológica*, 15(3), 327-336. doi: 10.15689/ap.2016.1503.05
- Gomes, C. M. A., Marques, E. L. L., & Golino, H. F. (2014). Validade Incremental dos Estilos Legislativo, Executivo e Judiciário em Relação ao Rendimento Escolar. *Revista E-Psi*, 2, 31-46. <https://revistaepsi.com/artigo/2013-2014-ano3-volume2-artigo3/>
- Gomes, C. M. A., Nascimento, E., & Peres, A. J. S. (2019). Investigating causal relations in personality by combining path analysis and Search algorithms. Poster. *3rd World Conference on Personality*, World Association for Personality Psychology (WAPP), Hanoi, Vietnam.
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021a). A medida da habilidade de fluência do modelo CHC: apresentando o Teste de Fluência Ideativa 2 da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO). Preprint. doi: [10.13140/RG.2.2.35726.28481/1](https://www.researchgate.net/publication/349225691_A_Medida_da_Habilidade_de_Fluencia_do_Modelo_CHC_apresentando_o_Testes_de_Fluencia_Ideativa_2_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO).  
[https://www.researchgate.net/publication/349225691\\_A\\_Medida\\_da\\_Habilidade\\_de\\_Fluencia\\_do\\_Modelo\\_CHC\\_apresentando\\_o\\_Testes\\_de\\_Fluencia\\_Ideativa\\_2\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349225691_A_Medida_da_Habilidade_de_Fluencia_do_Modelo_CHC_apresentando_o_Testes_de_Fluencia_Ideativa_2_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO)
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021b). Acesso aberto ao Teste de Fluência Figural da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO) como medida da habilidade ampla de fluência do modelo CHC de inteligência. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.15593.62564/1.  
[https://www.researchgate.net/publication/349225605\\_Acesso\\_Aberto\\_ao\\_Testes\\_de\\_Fluencia\\_Figural\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO\\_como\\_Medida\\_da\\_Habilidade\\_Ampla\\_de\\_Fluencia\\_do\\_Modelo\\_CHC\\_de\\_Inteligencia](https://www.researchgate.net/publication/349225605_Acesso_Aberto_ao_Testes_de_Fluencia_Figural_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO_como_Medida_da_Habilidade_Ampla_de_Fluencia_do_Modelo_CHC_de_Inteligencia)
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021c). Acesso aberto e gratuito ao Teste de Fluência Ideativa 1 da BAFACALO. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.24821.09442/3.  
[https://www.researchgate.net/publication/349225867\\_Acesso\\_Aberto\\_e\\_Gratuito\\_ao\\_Testes\\_de\\_Fluencia\\_Ideativa\\_1\\_da\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349225867_Acesso_Aberto_e_Gratuito_ao_Testes_de_Fluencia_Ideativa_1_da_BAFACALO)

- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021d). Acesso aberto e gratuito ao Conjunto de Testes de Inteligência Fluida: Teste de Raciocínio Geral da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO). Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.30509.61921/1.  
[https://www.researchgate.net/publication/349213277\\_Acesso\\_Aberto\\_e\\_Gratuito\\_ao\\_Conjunto\\_de\\_Testes\\_de\\_Inteligencia\\_Fluida\\_Testes\\_de\\_Raciocinio\\_Geral\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349213277_Acesso_Aberto_e_Gratuito_ao_Conjunto_de_Testes_de_Inteligencia_Fluida_Testes_de_Raciocinio_Geral_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO)
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021e). Apresentando o Teste de Flexibilidade de Fechamento da BAFACALO. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.31920.28164.  
[https://www.researchgate.net/publication/349537118\\_Apresentando\\_o\\_Testes\\_de\\_Flexibilidade\\_de\\_Fechamento\\_da\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349537118_Apresentando_o_Testes_de_Flexibilidade_de_Fechamento_da_BAFACALO)
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021f). Disponibilizando de forma gratuita e aberta o Teste de Memória Associativa 1 da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO). Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.29964.03201/1.  
[https://www.researchgate.net/publication/349409427\\_Disponibilizando\\_de\\_Forma\\_Gratuita\\_e\\_Aberta\\_o\\_Testes\\_de\\_Memoria\\_Associativa\\_1\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349409427_Disponibilizando_de_Forma_Gratuita_e_Aberta_o_Testes_de_Memoria_Associativa_1_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO)
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021g). Disponibilizando de forma gratuita e aberta o Teste de Velocidade Numérica da BAFACALO. Preprint. doi: [10.13140/RG.2.2.24114.94407/1](https://www.researchgate.net/publication/349670492_Disponibilizando_de_Forma_Gratuita_e_Aberta_o_Testes_de_Velocidade_Numerica_da_BAFACALO).  
[https://www.researchgate.net/publication/349670492\\_Disponibilizando\\_de\\_Forma\\_Gratuita\\_e\\_Aberta\\_o\\_Testes\\_de\\_Velocidade\\_Numerica\\_da\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349670492_Disponibilizando_de_Forma_Gratuita_e_Aberta_o_Testes_de_Velocidade_Numerica_da_BAFACALO)
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021h). Medidas de inteligência cristalizada: disponibilizando o Teste de Compreensão Verbal 2 da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO). Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.36085.09447/1.  
[https://www.researchgate.net/publication/349349602\\_Medidas\\_de\\_Inteligencia\\_Cristalizada\\_Disponibilizando\\_o\\_Testes\\_de\\_Compreensao\\_Verbal\\_2\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349349602_Medidas_de_Inteligencia_Cristalizada_Disponibilizando_o_Testes_de_Compreensao_Verbal_2_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO)
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021i). Medindo a habilidade de rapidez cognitiva do modelo CHC: apresentando o Teste de Velocidade Perceptiva 1 da BAFACALO. Preprint. doi: [10.13140/RG.2.2.28564.83848/1](https://www.researchgate.net/publication/349537123_Medindo_a_Habilidade_de_Rapidez_Cognitiva_do_Modelo_CHC_Apresentando_o_Testes_de_Velocidade_Perceptiva_1_da_BAFACALO).  
[https://www.researchgate.net/publication/349537123\\_Medindo\\_a\\_Habilidade\\_de\\_Rapidez\\_Cognitiva\\_do\\_Modelo\\_CHC\\_Apresentando\\_o\\_Testes\\_de\\_Velocidade\\_Perceptiva\\_1\\_da\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349537123_Medindo_a_Habilidade_de_Rapidez_Cognitiva_do_Modelo_CHC_Apresentando_o_Testes_de_Velocidade_Perceptiva_1_da_BAFACALO)
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021j). Presenting SLAT-Thinking Second Version and its content validity. *International Journal of Development Research*, 11(3), 45590-45596. doi: 10.37118/ijdr.21368.03.2021
- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021k). Projeto de acesso aberto e gratuito aos testes do LAICO: Teste de Raciocínio Lógico da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO). Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.25476.45445/1.

[https://www.researchgate.net/publication/349213384\\_Projeto\\_de\\_Acesso\\_Aberto\\_e\\_Gratico\\_aos\\_Testes\\_do\\_LAICO\\_Testes\\_de\\_Raciocinio\\_Logico\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349213384_Projeto_de_Acesso_Aberto_e_Gratico_aos_Testes_do_LAICO_Testes_de_Raciocinio_Logico_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO)

Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021l). Projeto de acesso aberto e gratuito à Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO): o Teste de Compreensão Verbal 1 do Conjunto de Testes de Inteligência Cristalizada. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.22663.32165/1.

[https://www.researchgate.net/publication/349349694\\_Projeto\\_de\\_Acesso\\_Aberto\\_e\\_Gratico\\_a\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO\\_o\\_Testes\\_de\\_Compreensao\\_Verbal\\_1\\_do\\_Conjunto\\_de\\_Testes\\_de\\_Inteligencia\\_Cristalizada](https://www.researchgate.net/publication/349349694_Projeto_de_Acesso_Aberto_e_Gratico_a_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO_o_Testes_de_Compreensao_Verbal_1_do_Conjunto_de_Testes_de_Inteligencia_Cristalizada)

Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021m). Projeto de acesso aos testes de inteligência da BAFACALO: Teste de Compreensão Verbal 3. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.10499.84001/2.

[https://www.researchgate.net/publication/349349798\\_Projeto\\_de\\_Acesso\\_aos\\_Testes\\_de\\_Inteligencia\\_da\\_BAFACALO\\_Testes\\_de\\_Compreensao\\_Verbal\\_3](https://www.researchgate.net/publication/349349798_Projeto_de_Acesso_aos_Testes_de_Inteligencia_da_BAFACALO_Testes_de_Compreensao_Verbal_3)

Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021n). Projeto de acesso da BAFACALO: Teste de Memória Associativa 2. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.23253.14565/1.  
[https://www.researchgate.net/publication/349409430\\_Projeto\\_de\\_Acesso\\_da\\_BAFACALO\\_Testes\\_de\\_Memoria\\_Associativa\\_2](https://www.researchgate.net/publication/349409430_Projeto_de_Acesso_da_BAFACALO_Testes_de_Memoria_Associativa_2)

Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F. (2021o). Teste de Memória Visual da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO). Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.33319.47529.

[https://www.researchgate.net/publication/349409522\\_Testes\\_de\\_Memoria\\_Visual\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349409522_Testes_de_Memoria_Visual_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO)

Gomes, C. M. A., Nascimento, D. F., & Araujo, J. (2021a). Medindo a inteligência fluida: o Teste de Indução da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO). Preprint. doi: [10.13140/RG.2.2.17087.84641/3](https://www.researchgate.net/publication/349213375_Medindo_a_Inteligencia_Fluida_o_Testes_de_Inducao_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO).

[https://www.researchgate.net/publication/349213375\\_Medindo\\_a\\_Inteligencia\\_Fluida\\_o\\_Testes\\_de\\_Inducao\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349213375_Medindo_a_Inteligencia_Fluida_o_Testes_de_Inducao_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO)

Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F., & Araujo, J. (2021b). Acesso aberto ao Teste de Dobraduras (VZ) da BAFACALO. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.21853.95201/2.  
[https://www.researchgate.net/publication/349536932\\_Acesso\\_Aberto\\_ao\\_Testes\\_de\\_Dobraduras\\_VZ\\_da\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349536932_Acesso_Aberto_ao_Testes_de_Dobraduras_VZ_da_BAFACALO)

Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F., & Araujo, J. (2021c). Projeto de testes gratuitos e abertos do LAICO: Teste de Velocidade Perceptiva 3 da BAFACALO. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.36278.42563/2.

[https://www.researchgate.net/publication/349670486\\_Projeto\\_de\\_Testes\\_Gratuitos\\_e\\_Abertos\\_do\\_LAICO\\_Testes\\_de\\_Velocidade\\_Perceptiva\\_3\\_da\\_BAFACALO](https://www.researchgate.net/publication/349670486_Projeto_de_Testes_Gratuitos_e_Abertos_do_LAICO_Testes_de_Velocidade_Perceptiva_3_da_BAFACALO)

- Gomes, C. M. A., & Nascimento, D. F., & Araujo, J. (2021d). Teste de Velocidade Perceptiva 2 da Bateria de Fatores Cognitivos de Alta-Ordem (BAFACALO): disponibilização aberta e gratuita aos testes de medida de rapidez cognitiva do LAICO. Preprint. doi: 10.13140/RG.2.2.29567.53928/1.  
[https://www.researchgate.net/publication/349670396\\_Testes\\_de\\_Velocidade\\_Perceptiva\\_2\\_da\\_Bateria\\_de\\_Fatores\\_Cognitivos\\_de\\_Alta-Ordem\\_BAFACALO\\_Disponibilizacao\\_Aberta\\_e\\_Gratuita aos Testes de Medida de Rapidez Cognitiva do LAICO](https://www.researchgate.net/publication/349670396_Testes_de_Velocidade_Perceptiva_2_da_Bateria_de_Fatores_Cognitivos_de_Alta-Ordem_BAFACALO_Disponibilizacao_Aberta_e_Gratuita aos Testes de Medida de Rapidez Cognitiva do LAICO)
- Gomes, C. M. A., & Valentini, F. (2019). Time series in educational psychology: application in the study of cognitive achievement. *European Journal of Education Studies*, 6(8), 214-229. doi: 10.5281/zenodo.3551953
- Jelihovschi, E. G., & Gomes, C. M. A. (2019). Proposing an achievement simulation methodology to allow the estimation of individual in clinical testing context. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 1-10. doi: 10.28951/rbb.v37i4.423
- Laros, J. A., Valentini, F., Gomes, C. M. A., & Andrade, J. M. (2014). Modelos de inteligência. In A. G. Seabra, J. A. Laros, E. C. Macedo & N. Abreu (Eds.), *Inteligência e funções executivas: Avanços e desafios para a avaliação neuropsicológica* (pp. 17-38). São Paulo: Editora Memnon
- Martins, A. A., Gomes, C. M. A., Alves, A. F., Almeida, L. S. (2018). The structure of intelligence in childhood: age and socio-familiar impact on cognitive differentiation. *Psychological Reports*, 121(1), 79-92. doi: 10.1177/0033294117723019
- Matos, D. A. S., Brown, G. T. L., & Gomes, C. M. A. (2019). Bifactor invariance analysis of student conceptions of assessment inventory. *Psico-USF*, 24(4), 737-750. doi: 10.1590/1413-82712019240411
- Mecca, T. P., Dias, N. M., Reppold, C. R., Muniz, M., Gomes, C. M. A., Fioravanti-Bastos, A. C. M., Yates, D. B., Carreiro, L. R. R., & Macedo, E. C. (2015). Funcionamento adaptativo: panorama nacional e avaliação com o adaptive behavior assessment system. *Psicologia: Teoria e Prática*, 17(2), 107-122, doi:0.15348/1980-6906/psicologia.v17n2p107-122
- Monteiro, S., Almeida, L. S., Gomes, C. M. A., & Sinval, J. (2020). Employability profiles of higher education graduates: a person-oriented approach. *Studies in Higher Education*. doi: 10.1080/03075079.2020.1761785
- Moura, M. D. G., Gomes, C. M. A., Blanc, S. L., Mesquita, R. A., & Ferreira, E. F. (2014). Development of questionnaire on dentists' knowledge of HIV/AIDS. *Arquivos em Odontologia (UFMG. Online)*, 50(1), 6-12, 2014. doi:10.7308/aodontol/2014.50.1.01
- Muniz, M., Gomes, C. M. A., & Pasian, S. R. (2016). Factor structure of Raven's Coloured Progressive Matrices. *Psico-USF*, 21(2), 259-272. doi: 10.1590/1413-82712016210204

- Pazeto, T. C. B., Dias, N. M., Gomes, C. M. A., & Seabra, A. G. (2019). Prediction of arithmetic competence: role of cognitive abilities, socioeconomic variables and the perception of the teacher in early childhood education. *Estudos de Psicologia*, 24(3), 225-236. doi: 10.22491/1678-4669.20190024
- Pazeto, T. C. B., Dias, N. M., Gomes, C. M. A., & Seabra, A. G. (2020). Prediction of reading and writing in elementary education through early childhood education. *Psicologia: Ciência e Profissão*, 40, e205497, 1-14. doi: 10.1590/1982-3703003205497
- Pereira, B. L. S., Golino, M. T. S., & Gomes, C. M. A. (2019). Investigando os efeitos do programa de enriquecimento instrumental básico em um estudo de caso único. *European Journal of Education Studies*, 6(9). doi:10.46827/ejes.v0i0.2669
- Pinheiro, C. A. R., Gomes, C. M. A., & Braga, A. G. (2009). Construção e validação do Inventário dos Adjetivos de Personalidade - 50 (IAP-50) [Resumo]. In *Anais do IV Congresso Brasileiro de Avaliação Psicológica e XIV Conferência Internacional de Avaliação Psicológica: Formas e Contextos* (p. 182). Campinas, SP: Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica.
- Pires, A. A. M., & Gomes, C. M. A. (2017). Three mistaken procedures in the elaboration of school exams: explicitness and discussion. *PONTE International Scientific Researches Journal*, 73(3), 1-14. doi: 10.21506/j.ponte.2017.3.1
- Pires, A. A. M., & Gomes, C. M. A. (2018). Proposing a method to create metacognitive school exams. *European Journal of Education Studies*, 5(8), 119-142. doi:10.5281/zenodo.2313538
- Reppold, C. T., Gomes, C. M. A., Seabra, A. G., Muniz, M., Valentini, F., & Laros, J.A. (2015). Contribuições da psicometria para os estudos em neuropsicologia cognitiva. *Psicologia: teoria e prática*, 17(2), 94-106. doi: 10.15348/1980-6906/psicologia.v17n2p94-106
- Ricci, K., Gomes, C. M. A., Nico, M. A. N., Seabra, A. G. (2020). Programa de Enriquecimento Instrumental (PEI) Básico em crianças com TDAH e dislexia. *Psicologia desde el Caribe*, 37(3). <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/psicologia/article/view/12397>
- Rodrigues, M. N. S., & Gomes, C. M. A. (2020). Testing the hypothesis that the deep approach generates better academic performance. *International Journal of Development Research*, 10(12), 42925-42935. doi:10.37118/ijdr.20579.12.2020
- Rosa, M. A. C., Gomes, C. M. A., Rocha, N. S., Kessler, F. H. P., Slavutzky, S. M. B., Ferreira, E. F., & Pechansky, F. (2013). Dependence module of the MINI plus adapted for sugar dependence: psychometric properties. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 26(1), 77-86. doi:10.1590/S0102-79722013000100009

- Rosário, V. M., Gomes, C. M. A., & Loureiro, C. M. V. (2019). Systematic review of attention testing in allegedly "untestable" populations. *International Journal of Psychological Research and Reviews*, 2(19), 1-21. doi: 10.28933/ijpr-2019-07-1905
- Sampaio, R. T., Loureiro, C. M. V., & Gomes, C. M. A. (2015). A Musicoterapia e o Transtorno do Espectro do Autismo: uma abordagem informada pelas neurociências para a prática clínica. *Per Musi*, 32, 137-170. doi:10.1590/permusi2015b3205
- Silveira, M. S., & Gomes, C. M. A. (2014). Avaliação do desenvolvimento experiencial de pacientes com prótese ocular: a focalização no atendimento clínico. *Psicologia Clínica*, 26(1), 181-196. [http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-56652014000100012&lng=pt&tlng=pt](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-56652014000100012&lng=pt&tlng=pt).
- Silveira, M. B., Gomes, C. M. A., Golino, H. F., & Dias, F. S. (2012). Construção do Teste de Habilidade Experiencial (THE): Evidências iniciais de validade e confiabilidade. *Revista E-psi*, 1, 77-96. <https://revistaepsi.com/artigo/2012-ano2-volume1-artigo4/>
- Therneau, T. & Atkinson, B. (2019). rpart: Recursive Partitioning and Regression Trees. R package version 4.1-15. <https://CRAN.R-project.org/package=rpart>
- Valentini, F., Gomes, C. M. A., Muniz, M., Mecca, T. P., Laros, J. A., & Andrade, J. M. (2015). Confiabilidade dos índices fatoriais da Wais-III adaptada para a população brasileira. *Psicologia: teoria e prática*, 17(2), 123-139. doi: 10.15348/1980-6906/psicologia.v17n2p123-139

## Appendix

### The R code to simulate the trees

```
set.seed(2004)
leafs <- NULL
n=239
for(i in 1:100){
  lista <- list(
    TDRI <- rnorm(n, mean = 3.78, sd = 0.96)
    EABAP_AS <- rnorm(n, mean = 2.62, sd = 0.88)
    EABAP_AP <- rnorm(n, mean = 3.81, sd = 0.86)
    TAP_AP <- rnorm(n, mean = 0.11, sd = 0.1)
    TAP_AS <- rnorm(n, mean = 0.79, sd = 0.24)
    TAP_INT_P <- rnorm(n, mean = 0.32, sd = 0.1)
```

```

e<-rnorm(n)
enem <- 510*I(TDRI<2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

492*I(TDRI<4.4)*I(EABAP_AP<4.2)*I(EABAP_AP>=3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(
TAP_AS<0.92)+

586*I(TDRI>=4.4)*I(EABAP_AP<4.2)*I(EABAP_AP>=3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*I
(TAP_AS<0.92)+

558*I(TDRI>=4.8)*I(EABAP_AP>=4.2)*I(EABAP_AP>=3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*
I(TAP_AS<0.92)+

628*I(TDRI<4.8)*I(EABAP_AP>=4.2)*I(EABAP_AP>=3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*I
(TAP_AS<0.92)+

637*I(EABAP_AP<3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

543*I(EABAP_AP<4.3)*I(EABAP_AS<2.7)*I(EABAP_AS>=2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TAP_AS>=0.7
5)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

621*I(EABAP_AP>=4.3)*I(EABAP_AS<2.7)*I(EABAP_AS>=2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TAP
_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

573*I(TAP_AP<0.085)*I(EABAP_AS>=2.7)*I(EABAP_AS>=2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TAP
_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

692*I(TAP_AP>=0.085)*I(EABAP_AS>=2.7)*I(EABAP_AS>=2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TA
P_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

656*I(EABAP_AS<2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TAP_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0
.92)+

688*I(TAP_INT_P<0.065)*I(TAP_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

596*I(EABAP_AP<3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

609*I(EABAP_AP>=4.5)*I(EABAP_AS<3.5)*I(EABAP_AP>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

609*I(TDRI>=3.9)*I(TAP_INT_P>=0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5)*I(EABAP_AP>
=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

660*I(TDRI<3.9)*I(TAP_INT_P>=0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5)*I(EABAP_AP>=
3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

621*I(EABAP_AS>=3)*I(TAP_INT_P<0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5)*I(EABAP_AP
>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

668*I(TDRI<3.9)*I(EABAP_AS<3)*I(TAP_INT_P<0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5)
*I(EABAP_AP>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

705*I(TDRI>=3.9)*I(EABAP_AS<3)*I(TAP_INT_P<0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5
)*I(EABAP_AP>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

711*I(EABAP_AS>=3.5)*I(EABAP_AP>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+ e

data1 <- as.data.frame(cbind(enem,TDRI,EABAP_AS,EABAP_AP,TAP_AS,TAP_AP,TAP_INT_P)),
cfit <- rpart (enem ~ TAP_AP + TAP_INT_P + TAP_AS + EABAP_AS + EABAP_AP + TDRI,
na.action = na.rpart,
data = data1,
method = 'anova',
control = rpart.control(xval = 10,
cp = 0))
cpvalue <- cfit$cpstable[which.min(cfit$cpstable[, "xerror"]), "CP"]

```

```

    cfit <- rpart (enem ~ TAP_AP + TAP_INT_P + TAP_AS + EABAP_AS + EABAP_AP + TDRI,
                  na.action = na.rpart,
                  data = data1,
                  method = 'anova',
                  control = rpart.control(xval = 10,
                                          cp = cpvalue))

    x1 <- cfit$cptable[which.max(cfit$cptable[, "nsplit"]), "nsplit"]
    leafs <- append(leafs, x1)
    leafs + c(1))
  }

set.seed(2004)
leafs <- NULL
n=10000
for(i in 1:100){
  lista <- list(
    TDRI <- rnorm(n, mean = 3.78, sd = 0.96)
    EABAP_AS <- rnorm(n, mean = 2.62, sd = 0.88)
    EABAP_AP <- rnorm(n, mean = 3.81, sd = 0.86)
    TAP_AP <- rnorm(n, mean = 0.11, sd = 0.1)
    TAP_AS <- rnorm(n, mean = 0.79, sd = 0.24)
    TAP_INT_P <- rnorm(n, mean = 0.32, sd = 0.1)
    e<-rnorm(n)
    enem <- 510*I(TDRI<2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

    492*I(TDRI<4.4)*I(EABAP_AP<4.2)*I(EABAP_AP>=3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(
TAP_AS<0.92)+

    586*I(TDRI>=4.4)*I(EABAP_AP<4.2)*I(EABAP_AP>=3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*I
(TAP_AS<0.92)+

    558*I(TDRI>=4.8)*I(EABAP_AP>=4.2)*I(EABAP_AP>=3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*
I(TAP_AS<0.92)+

    628*I(TDRI<4.8)*I(EABAP_AP>=4.2)*I(EABAP_AP>=3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*I
(TAP_AS<0.92)+

637*I(EABAP_AP<3.1)*I(TAP_AS<0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

    543*I(EABAP_AP<4.3)*I(EABAP_AS<2.7)*I(EABAP_AS>=2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TAP_
AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

    621*I(EABAP_AP>=4.3)*I(EABAP_AS<2.7)*I(EABAP_AS>=2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TAP
_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

    573*I(TAP_AP<0.085)*I(EABAP_AS>=2.7)*I(EABAP_AS>=2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TAP
_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

    692*I(TAP_AP>=0.085)*I(EABAP_AS>=2.7)*I(EABAP_AS>=2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TA
P_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

    656*I(EABAP_AS<2.1)*I(TAP_INT_P>=0.065)*I(TAP_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0
.92)+

688*I(TAP_INT_P<0.065)*I(TAP_AS>=0.75)*I(TDRI>=2.7)*I(TAP_AS<0.92)+

596*I(EABAP_AP<3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

609*I(EABAP_AP>=4.5)*I(EABAP_AS<3.5)*I(EABAP_AP>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

```

```

609*I(TDRI>=3.9)*I(TAP_INT_P>=0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5)*I(EABAP_AP>
=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

660*I(TDRI<3.9)*I(TAP_INT_P>=0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5)*I(EABAP_AP>=
3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

621*I(EABAP_AS>=3)*I(TAP_INT_P<0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5)*I(EABAP_AP
>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

668*I(TDRI<3.9)*I(EABAP_AS<3)*I(TAP_INT_P<0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5)
*I(EABAP_AP>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

705*I(TDRI>=3.9)*I(EABAP_AS<3)*I(TAP_INT_P<0.44)*I(EABAP_AP<4.5)*I(EABAP_AS<3.5
)*I(EABAP_AP>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92)+

711*I(EABAP_AS>=3.5)*I(EABAP_AP>=3.4)*I(TAP_AS>=0.92) + e

datal <- as.data.frame(cbind(enem,TDRI,EABAP_AS,EABAP_AP,TAP_AS,TAP_AP,TAP_INT_P))
cfit <- rpart (enem ~ TAP_AP + TAP_INT_P + TAP_AS + EABAP_AS + EABAP_AP + TDRI,
na.action = na.rpart,
data = datal,
method = 'anova',
control = rpart.control(xval = 10,
cp = 0))
cpvalue <- cfit$scptable[which.min(cfit$scptable[, "xerror"]), "CP"]

cfit <- rpart (enem ~ TAP_AP + TAP_INT_P + TAP_AS + EABAP_AS + EABAP_AP + TDRI,
na.action = na.rpart,
data = datal,
method = 'anova',
control = rpart.control(xval = 10,
cp = cpvalue))

x1 <- cfit$scptable[which.max(cfit$scptable[, "nsplit"]), "nsplit"]
leafs <- append(leafs, x1)
leafs + c(1))
}

```