



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VII - PATOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM CIÊNCIA DA  
COMPUTAÇÃO**

**LUAN NYCHOLAS LEMOS VIEIRA**

**ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DO *EXECUTREE ADVENTURES* NA  
MENSURAÇÃO DAS HABILIDADES COGNITIVAS DAS FUNÇÕES  
EXECUTIVAS**

**PATOS - PB  
2024**

LUAN NYCHOLAS LEMOS VIEIRA

**ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DO *EXECUTREE ADVENTURES* NA  
MENSURAÇÃO DAS HABILIDADES COGNITIVAS DAS FUNÇÕES  
EXECUTIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Computação do Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Ciência da Computação.

**Orientador:** Dr. Jucelio Soares dos Santos

**PATOS - PB**

**2024**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

V658a Vieira, Luan Nycholas Lemos.

Análise da confiabilidade do *executree adventures* na mensuração das habilidades cognitivas das funções executivas [manuscrito] / Luan Nycholas Lemos Vieira. - 2024.  
59 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Jucelio Soares dos Santos, Coordenação do Curso de Computação - CCEA".

1. Avaliação psicométrica. 2. Funções executivas. 3. Desenvolvimento cognitivo infantil. 4. Aplicação web. I. Título

21. ed. CDD 004.92

LUAN NYCHOLAS LEMOS VIEIRA

ANÁLISE DA CONFIABILIDADE DO EXECUTREE ADVENTURES NA  
MENSURAÇÃO DAS HABILIDADES COGNITIVAS DAS FUNÇÕES  
EXECUTIVAS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso  
de Ciência da Computação da  
Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito parcial à obtenção do  
título de Bacharel em Ciência da  
Computação

Aprovada em: 19/11/2024.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Janine Vicente Dias** (\*\*\*.697.174-\*\*), em **30/11/2024 09:36:40** com chave **bf707296af1711ef87c406adb0a3afce**.
- **Jucelio Soares dos Santos** (\*\*\*.475.114-\*\*), em **29/11/2024 09:22:48** com chave **a4fb208aae4c11efb0f806adb0a3afce**.
- **Mikaelle Oliveira Santos Gomes** (\*\*\*.466.104-\*\*), em **30/11/2024 22:20:19** com chave **6dc4073aaf8211ef97b91a1c3150b54b**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse [https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar\\_documento/](https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/) e informe os dados a seguir.

**Tipo de Documento:** Termo de Aprovação de Projeto Final

**Data da Emissão:** 03/12/2024

**Código de Autenticação:** cb69f5



Dedico a todas as pessoas importantes para mim, pois são o meu maior tesouro.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à minha mãe Leonila, à minha avó Marlene, ao meu pai Marccone e meu irmão Cauã, pois são meus pilares e sem eles eu não estaria aqui.

Agradeço aos meus amigos, que são muitos, mas em especial agradeço a Matheus, Erlan, João, Jefferson e Felipe, meus irmãos de longa data e que compartilham a jornada da vida comigo. Também agradeço aos amigos que conheci na graduação, pois tornaram o dia a dia da universidade uma experiência agradável e positiva, em especial Davi e Regina, pois partilhamos esta jornada desde o início do curso e juntos concluiremos este ciclo.

Por fim, mas não menos importante, agradeço ao professor Dr. Jucelio Soares dos Santos, meu orientador e mentor. Sua orientação e visão foram essenciais para a concepção deste trabalho, e nada disso seria possível sem o seu apoio.

*"É preciso que eu suporte duas ou três larvas  
se quiser conhecer as borboletas."*

**O Pequeno Príncipe**

## RESUMO

As funções executivas são importantes habilidades cognitivas que nos permitem controlar nossos pensamentos, ações e emoções. O seu desenvolvimento durante a infância é reconhecido como um preditor de sucesso futuro em áreas como o desenvolvimento acadêmico, profissional e interpessoal. Este trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um instrumento psicométrico para a avaliação das funções executivas em crianças de 6 a 12 anos, utilizando abordagens da Teoria Clássica dos Testes (TCT) e da Teoria de Resposta ao Item (TRI). A aplicação do instrumento, composto por 11 tarefas, foi realizada em uma amostra de 50 crianças, e os resultados demonstraram a confiabilidade e validade do instrumento, destacando-se os seguintes pontos principais: i) O instrumento apresentou uma consistência interna satisfatória, com um coeficiente alpha de Cronbach de 0,812, indicando uma alta confiabilidade na mensuração das habilidades cognitivas pretendidas. ii) A análise pela TRI evidenciou uma variação adequada na dificuldade e discriminação dos itens, com tarefas mais complexas capazes de diferenciar entre níveis variados de habilidades cognitivas. Adicionalmente, a proporção de acertos de 65,2% e o cálculo da correlação ponto-bisserial dos itens do teste reforçaram a validade do instrumento, sugerindo que ele é eficaz para a avaliação das funções executivas na infância. Os resultados indicam que o instrumento possui grande potencial para aplicação em contextos educacionais e clínicos, contribuindo para o diagnóstico precoce e o acompanhamento do desenvolvimento cognitivo infantil. Entre as limitações, destaca-se a necessidade de validação em uma amostra mais diversa e representativa, contemplando diferentes contextos socioeconômicos e culturais.

**Palavras-chave:** Avaliação psicométrica; Funções executivas; Desenvolvimento cognitivo infantil; Aplicação Web.

## **ABSTRACT**

This study aimed to develop and validate a psychometric instrument for assessing executive functions in children aged 6 to 12, using Classical Test Theory (CTT) and Item Response Theory (IRT) approaches. We applied the instrument, consisting of 11 tasks, to a sample of 50 children, and the results demonstrated its reliability and validity, with the following main findings: i) The instrument showed satisfactory internal consistency, with a Cronbach's alpha coefficient of 0.812, indicating high reliability in measuring the intended cognitive skills. ii) The IRT analysis revealed appropriate variation in item difficulty and discrimination, with more complex tasks effectively differentiating between various levels of cognitive ability. Additionally, the proportion of correct answers and point-biserial correlation supported the instrument's validity, suggesting its effectiveness in evaluating executive functions in childhood. The findings indicate that this instrument has significant potential for use in educational and clinical settings, contributing to early diagnosis and monitoring of children's cognitive development. Among its limitations, the study highlights the need for validation in a more diverse and representative sample, encompassing different socioeconomic and cultural contexts.

**Keywords:** Psychometric assessment; Executive functions; Child cognitive development; Web application.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de CCI's. . . . .	31
Figura 2 – Exemplo de FII's. . . . .	33
Figura 3 – Pinte o macaco de verde. . . . .	37
Figura 4 – Pinte o pato de azul. . . . .	37
Figura 5 – Quem comeu a cenoura? . . . . .	37
Figura 6 – Curvas Características dos Itens para as Funções Executivas . . . . .	43
Figura 7 – Funções de Informação dos Itens para as Funções Executivas . . . . .	43

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Parâmetros Psicométricos dos Itens com Base na TRI. . . . .	42
Tabela 2 – Análise Psicométrica dos Itens com Base na TCT. . . . .	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CCI	Curva Característica do Item
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
EAP	Expected A Posteriori (Método de Estimação Esperado a Posteriori)
FII	Função de Informação do Item
SAS	Sistema Atencional Supervisor
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCT	Teoria Clássica dos Testes
TRI	Teoria de Resposta ao Item
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização do Problema . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Proposta de Solução . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>1.4</b>	<b>Estrutura do Trabalho . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Funções Executivas . . . . .</b>	<b>18</b>
<i>2.1.1</i>	<i>Definição e Importância . . . . .</i>	<i>18</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Teorias Cognitivas sobre Funções Executivas . . . . .</i>	<i>20</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Avaliação de Funções Executivas . . . . .</i>	<i>22</i>
<b>2.2</b>	<b>Tecnologias e Mensuração Cognitiva . . . . .</b>	<b>24</b>
<i>2.2.1</i>	<i>Aplicativos Educacionais como Ferramentas de Avaliação . . . . .</i>	<i>24</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Gamificação e Funções Executivas . . . . .</i>	<i>25</i>
<b>2.3</b>	<b>Teorias Psicométricas . . . . .</b>	<b>27</b>
<i>2.3.1</i>	<i>Teoria Clássica dos Testes . . . . .</i>	<i>27</i>
<i>2.3.1.1</i>	<i>Coeficiente de Ponto Bisserial . . . . .</i>	<i>27</i>
<i>2.3.1.2</i>	<i>Coeficiente Alpha de Cronbach . . . . .</i>	<i>28</i>
<i>2.3.1.3</i>	<i>Limitações da TCT . . . . .</i>	<i>29</i>
<i>2.3.2</i>	<i>Teoria de Resposta ao Item . . . . .</i>	<i>29</i>
<i>2.3.2.1</i>	<i>Curva Característica do Item . . . . .</i>	<i>30</i>
<i>2.3.2.2</i>	<i>Estimativa da Habilidade . . . . .</i>	<i>31</i>
<i>2.3.2.3</i>	<i>Função de Informação do Item . . . . .</i>	<i>32</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Questões de pesquisa . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>Participantes . . . . .</b>	<b>35</b>
<b>3.3</b>	<b>Instrumento . . . . .</b>	<b>35</b>
<i>3.3.1</i>	<i>Desenvolvimento do Instrumento . . . . .</i>	<i>35</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Mecânica do Jogo e Medição Cognitiva . . . . .</i>	<i>36</i>
<b>3.4</b>	<b>Procedimentos . . . . .</b>	<b>38</b>

<b>3.5</b>	<b>Análise de Dados . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>3.6</b>	<b>Considerações Éticas . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise de Confiabilidade e Consistência Interna . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise Detalhada dos Itens com a TRI . . . . .</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Discussão dos Resultados . . . . .</b>	<b>44</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS . . . . .</b>	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste Capítulo, apresenta-se uma visão geral desta pesquisa, de modo a descrever a contextualização do problema, objetivos e questões de pesquisas

### 1.1 Contextualização do Problema

As Funções Executivas – controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho – são habilidades cognitivas centrais para o desenvolvimento infantil, exercendo uma influência significativa em diversas esferas da vida da criança, como o desempenho acadêmico, social e comportamental (Diamond, 2020). Essas habilidades permitem que a criança planeje, controle impulsos, ajuste seu comportamento a situações novas e complexas, e retenha informações necessárias para a realização de tarefas (Moron et al., 2022). Em um contexto escolar, por exemplo, as Funções Executivas permitem que a criança organize suas atividades, mantenha o foco em atividades específicas e faça escolhas adequadas (Cooper-Kahn; Dietzel, 2024).

Em contextos sociais, essas habilidades são igualmente fundamentais, pois facilitam o controle emocional e a adaptação às normas sociais, promovendo relações mais saudáveis e uma convivência harmoniosa (Munakata; Michaelson, 2021). O desenvolvimento saudável das funções executivas durante a infância tem sido amplamente reconhecido como um forte preditor de sucesso futuro, tanto no ambiente escolar quanto em contextos pessoais e profissionais (Zelazo; Carlson, 2020).

Crianças que apresentam um bom desenvolvimento dessas habilidades tendem a ter mais facilidade na resolução de problemas, são mais resilientes frente a desafios e possuem maior capacidade de gerenciar seus próprios comportamentos e emoções. Esse conjunto de habilidades cognitivas permite às crianças tomar decisões informadas, fator essencial para a formação de uma base sólida para uma vida equilibrada e produtiva (Diamond, 2020).

No entanto, medir as funções executivas com precisão em ambientes clínicos ou escolares ainda representa um desafio substancial (Zelazo; Carlson, 2020). As funções executivas são habilidades dinâmicas que se manifestam de maneira mais autêntica em contextos cotidianos, onde a criança enfrenta situações naturais de desafio e adaptação (Cantor et al., 2021).

Muitos instrumentos tradicionais de avaliação foram originalmente desenvolvidos para adultos e, quando adaptados para crianças, frequentemente falham em capturar a complexidade e as nuances das funções executivas infantis (Zelazo; Carlson, 2020). Essas adaptações podem, por vezes, ignorar aspectos contextuais e lúdicos que são importantes para manter o engajamento e motivação das crianças, prejudicando a precisão e a validade das avaliações (Denham et al., 2020).

Além disso, o ambiente de aplicação dos testes também influencia a avaliação das funções executivas. Em consultórios e laboratórios, as condições controladas e artificializadas podem não refletir as demandas reais que a criança enfrenta em seu dia a dia. Em ambientes escolares, onde as crianças estão acostumadas a interações com colegas e a rotinas estruturadas, a avaliação das funções executivas pode ser mais representativa, mas ainda assim, enfrenta limitações práticas, como a necessidade de instrumentos que se adaptem às faixas etárias e que mantenham o interesse e a motivação das crianças (Schirmbeck; Rao; Maehler, 2020; Zelazo; Carlson, 2020; Amunts et al., 2020).

A falta de ferramentas específicas, precisas e atrativas para a avaliação das funções executivas na infância compromete o diagnóstico precoce de dificuldades ou atrasos no desenvolvimento dessas funções (Souissi; Chamari; Bellaj, 2022). Essa lacuna pode levar a avaliações limitadas e pouco representativas, o que, por sua vez, dificulta intervenções e acompanhamentos adequados. No longo prazo, a ausência de intervenções personalizadas e oportunas pode afetar o potencial acadêmico e social da criança, refletindo-se em dificuldades na vida adulta (Guerra et al., 2022).

Diante dessa realidade, surge a necessidade de desenvolver e validar instrumentos que não apenas sejam adaptados à faixa etária infantil, mas que também se apresentem como experiências envolventes e interativas, refletindo contextos cotidianos de maneira autêntica (Guerra et al., 2022). Esses instrumentos devem ser capazes de captar as nuances do desenvolvimento cognitivo infantil, oferecendo informações confiáveis para educadores, profissionais de saúde e pais, de modo a apoiar o desenvolvimento saudável das funções executivas e a identificar possíveis dificuldades ou necessidades de intervenção com precisão e precocidade. (Diamond, 2020).

## 1.2 Proposta de Solução

Para preencher a lacuna identificada na avaliação das funções executivas em crianças, esta pesquisa propõe o desenvolvimento de uma aplicação web gamificada denominada *ExecuTree Adventures*. A ferramenta foi concebida para oferecer um ambiente lúdico e interativo que torna o processo de avaliação mais envolvente, adequado e acessível para crianças de 6 a 12 anos, proporcionando uma experiência de avaliação mais autêntica e precisa.

Com uma narrativa ambientada em uma floresta fictícia e personagens animais carismáticos, o *ExecuTree Adventures* foi projetado para estimular e avaliar as principais funções executivas – controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho – através de tarefas dinâmicas e visuais que refletem o uso dessas habilidades em situações próximas ao cotidiano. A gamificação foi integrada à proposta de solução para maximizar o engajamento e a motivação das crianças (Antonopoulou et al., 2022; Sailer; Homner, 2020). Cada atividade foi desenhada para capturar a atenção e proporcionar desafios que mantêm o interesse, permitindo que os participantes se envolvam de forma natural e intuitiva.

Essa abordagem lúdica possibilita a obtenção de dados mais representativos, pois as crianças são menos propensas a experimentar fadiga ou desmotivação, fatores que podem comprometer a precisão em avaliações mais tradicionais (Cattoni et al., 2022). Além disso, o uso de uma narrativa com objetivos progressivos e recompensas visuais contribui para que a criança se sinta motivada a completar as tarefas, fornecendo dados ricos e precisos para a avaliação das funções executivas (Bustamante; Navarro, 2022).

Para assegurar a qualidade psicométrica do instrumento, as atividades do *ExecuTree Adventures* foram estruturadas de forma a permitir a coleta de dados específicos sobre cada função executiva, e os itens foram projetados para medir de maneira eficaz a habilidade cognitiva alvo. A análise psicométrica do instrumento utiliza a Teoria Clássica dos Testes (TCT) e a Teoria de Resposta ao Item (TRI), o que possibilita avaliar a consistência interna do teste, a validade dos itens e a capacidade de discriminação entre diferentes níveis de habilidade entre as crianças (Araújo et al., 2019).

O alfa de Cronbach foi calculado para medir a confiabilidade do conjunto de itens, enquanto a TRI fornece parâmetros detalhados, como a dificuldade dos itens (parâmetro b) e a discriminação (parâmetro a), que refletem a capacidade de cada item de

distinguir níveis variados de habilidade (Baker, 2001; Araújo et al., 2019; Primi, 2012). O *ExecuTree Adventures* também oferece vantagens práticas para uso em ambientes escolares e clínicos. A aplicação pode ser acessada em computadores e tablets, tornando-a uma ferramenta versátil e de fácil implementação em diferentes contextos.

O *backend*<sup>1</sup> foi desenvolvido com foco na segurança dos dados, utilizando tecnologias de armazenamento e análise robustas, como o banco de dados não relacional MongoDB, e garantindo que os dados das crianças sejam mantidos de forma segura e em conformidade com as diretrizes de privacidade.

Essa flexibilidade permite que educadores e profissionais de saúde possam monitorar o desenvolvimento das funções executivas em tempo real, utilizando relatórios de desempenho e métricas psicométricas que facilitam o acompanhamento individualizado. A proposta do *ExecuTree Adventures* visa não apenas preencher uma lacuna significativa na avaliação das funções executivas, mas também contribuir para o desenvolvimento de ferramentas acessíveis e eficazes que promovam intervenções educacionais e clínicas mais assertivas e informadas.

Com a combinação de gamificação, análise psicométrica robusta e facilidade de uso, essa solução se destaca como uma alternativa inovadora para o diagnóstico precoce e o acompanhamento contínuo do desenvolvimento das funções executivas em crianças.

### 1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a confiabilidade do *ExecuTree Adventures* como uma ferramenta de mensuração das habilidades cognitivas associadas às funções executivas em crianças de 6 a 12 anos, analisando sua consistência, precisão e validade nos resultados obtidos ao longo do uso da aplicação. Para atingir esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Implementar atividades que avaliem os três principais componentes das funções executivas: controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho.
- Validar a consistência interna do instrumento utilizando a TCT, calculando o alfa de Cronbach e demais parâmetros psicométricos.

---

<sup>1</sup> Neste contexto, é a parte da aplicação onde se encontra a sua lógica interna, ou seja, aquilo que não é visível ao usuário. Todos os cálculos matemáticos e operações nos bancos de dados, por exemplo.

- Avaliar a dificuldade e discriminação dos itens por meio da TRI, garantindo a precisão da avaliação das funções executivas.
- Identificar itens com potencial para refinamento, especialmente aqueles que apresentam dificuldades extremas ou baixa discriminação.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) está estruturado em cinco capítulos, organizados da seguinte forma: No Capítulo 1, Introdução, são apresentados o contexto, o problema de pesquisa, a proposta de solução, os objetivos, as questões de pesquisa e a estrutura do trabalho. O Capítulo 2, Revisão de Literatura, aborda os conceitos teóricos relacionados às funções executivas, incluindo controle inibitório, flexibilidade cognitiva e memória de trabalho, e explora estudos anteriores sobre instrumentos de avaliação psicométrica para crianças. O Capítulo 3, Metodologia, descreve os métodos utilizados para o desenvolvimento, aplicação e validação do *ExecuTree Adventures*, abordando aspectos como seleção dos participantes, procedimentos de coleta de dados, análise psicométrica e considerações éticas. No Capítulo 4, Resultados e Discussão, são apresentados os resultados da aplicação e análise psicométrica, incluindo a consistência interna, a discriminação e a dificuldade dos itens, bem como uma discussão sobre a eficácia do instrumento para a avaliação das funções executivas. Por fim, o Capítulo 5, Conclusão, sintetiza os principais achados, limitações e implicações do estudo, além de propor sugestões para pesquisas futuras e aperfeiçoamento do *ExecuTree Adventures*. E ao final, encontra-se as referências utilizados do decorrer desta pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo explora temas e trabalhos essenciais para a compreensão e mensuração das funções executivas, com foco em tecnologias educacionais e teorias psicométricas. Inicialmente, discutimos as funções executivas e seus métodos de avaliação. Em seguida, abordamos o uso de aplicativos educacionais e gamificação para medir e desenvolver habilidades cognitivas em contextos educacionais. Por fim, apresentamos as teorias psicométricas, como TCT e TRI, que sustentam a avaliação de habilidades cognitivas.

### 2.1 Funções Executivas

As funções executivas são processos cognitivos essenciais para a organização e regulação do comportamento humano, especialmente em situações que exigem atenção, planejamento e controle de impulsos. Este conjunto de habilidades permite que indivíduos se adaptem a diferentes contextos, resolvam problemas complexos e tomem decisões fundamentadas (Diamond, 2020).

#### 2.1.1 Definição e Importância

As habilidades das funções executivas são responsáveis por gerenciar atividades diárias, permitindo que as pessoas lidem com os contratempos e adversidades da vida cotidiana, além de facilitar a compreensão de conceitos complexos e abstratos. Além disso, as funções executivas capacitam os indivíduos a planejar e atingir seus objetivos de maneira organizada e eficiente (Cristofori; Cohen-Zimmerman; Grafman, 2019).

Dentre os diversos processos que compõem as funções executivas, três se destacam como fundamentais: o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva (Filipe; Veloso; Frota, 2023; Diamond, 2020). Esses processos formam a base para outras habilidades cognitivas superiores, como o raciocínio lógico, a resolução de problemas e o planejamento estratégico (Rahayuningsih; Sirajuddin; Nasrun, 2021).

O controle inibitório refere-se à capacidade de controlar impulsos, resistir a distrações e focar a atenção em estímulos relevantes, permitindo uma resposta mais adequada às demandas do ambiente (Demers et al., 2022). Esse controle envolve tanto a capacidade de inibir respostas automáticas inadequadas quanto a de regular as emoções e o comportamento frente a situações desafiadoras (Kang et al., 2022).

O controle inibitório é fundamental para o autocontrole, permitindo, por exemplo, que uma pessoa adie gratificações imediatas em prol de um benefício futuro maior, como demonstrado nos estudos clássicos sobre o adiamento da gratificação (Amaya, 2020; Yanaoka et al., 2024). Além disso, ele desempenha um papel vital na manutenção do foco em uma tarefa, mesmo diante de distrações, contribuindo para a persistência e a conclusão de atividades complexas (Shah, 2024).

A memória de trabalho, por sua vez, refere-se à capacidade de manter e manipular informações temporárias, sendo fundamental para tarefas que exigem a retenção de dados durante curtos períodos de tempo (Baddeley, 2020). Essa função é frequentemente exemplificada pela capacidade de lembrar uma sequência de números ou palavras enquanto se realiza uma atividade, como discar um número de telefone ou realizar cálculos mentais (Jaffe; Constantinidis, 2021; Baddeley, 2020).

A memória de trabalho não apenas armazena informações temporárias, mas também permite sua manipulação para resolver problemas e tomar decisões (Postle; Oberauer, 2022). Esse processo envolve tanto o armazenamento temporário de informações quanto a coordenação de múltiplas atividades cognitivas simultâneas, sendo essencial para o desempenho em tarefas cognitivas mais complexas (Baddeley, 2021).

A flexibilidade cognitiva é a capacidade de ajustar o comportamento e as estratégias de pensamento em resposta a novas informações ou mudanças no ambiente (Uddin, 2021). Ela nos permite alternar entre diferentes tarefas, perspectivas ou regras de forma eficiente, promovendo uma maior adaptabilidade (Kiss et al., 2020).

Essa função executiva é particularmente importante em situações em que planos anteriores falharam ou quando é necessário buscar novas soluções para problemas imprevistos (Preiss, 2022). A flexibilidade cognitiva também está intimamente ligada ao processo de aprendizagem, pois permite que os indivíduos aprendam com seus erros e ajustem suas estratégias para obter melhores resultados no futuro (Uddin, 2021).

As funções executivas, portanto, desempenham um papel central no desenvolvimento cognitivo, comportamental e socioemocional das crianças, influenciando diretamente seu desempenho acadêmico e suas interações sociais (Ruffini; Bei; Pecini, 2024). Crianças com um bom desenvolvimento das funções executivas tendem a ser mais capazes de controlar seus comportamentos impulsivos, manter o foco em atividades educacionais e se adaptar melhor a diferentes contextos sociais e acadêmicos (Zelazo; Carlson, 2020).

O desenvolvimento dessas habilidades é particularmente relevante para o sucesso escolar, pois permite que as crianças gerenciem melhor suas tarefas, resolvam problemas de maneira eficiente e colaborem com seus pares de forma mais produtiva (Cooper-Kahn; Dietzel, 2024; Diamond, 2020). Além do mais, as funções executivas não apenas influenciam o desempenho acadêmico, mas também têm um impacto significativo em diversas áreas da vida adulta, como o trabalho, os relacionamentos interpessoais e a saúde mental (Zelazo; Carlson, 2020; Spiegel et al., 2021).

Adultos com funções executivas bem desenvolvidas tendem a ser mais capazes de planejar suas atividades, gerenciar seu tempo de forma eficiente e tomar decisões informadas em situações de alta pressão (Zhang et al., 2021; Pasqualotto et al., 2021). Também apresentam maior resiliência diante de adversidades e são mais propensos a demonstrar comportamentos adaptativos em situações desafiadoras (Diamond, 2020).

Dado o papel central das funções executivas na vida cotidiana, é fundamental que essas habilidades sejam desenvolvidas desde a infância e mantidas ao longo da vida (Munakata; Michaelson, 2021). Intervenções educacionais e programas de treinamento que visam fortalecer as funções executivas podem ter um impacto significativo na melhoria do desempenho acadêmico, no desenvolvimento socioemocional e na qualidade de vida geral dos indivíduos (Korzeniowski et al., 2020).

A compreensão profunda das funções executivas e sua importância para o comportamento humano abre caminho para novas abordagens em educação, saúde mental e políticas públicas, promovendo o bem-estar e o sucesso de indivíduos em diferentes contextos (Alexander; O'Hara, 2024).

### ***2.1.2 Teorias Cognitivas sobre Funções Executivas***

O desenvolvimento das funções executivas começou a ser amplamente estudado a partir da abordagem cognitivista, que ganhou força com o advento da cibernética (Hendel, 2023). A cibernética permitiu uma compreensão mais profunda dos estados mentais e dos processos cognitivos que ocorrem no cérebro humano, abrindo caminho para uma analogia entre o funcionamento mental e o processamento de informações por computadores (Widrow, 2022; Lieto, 2021).

Assim como os computadores, os seres humanos são capazes de armazenar, recuperar e processar informações de forma limitada, além de transformar esses dados para

gerar novos conhecimentos e realizar tarefas complexas (Brauner et al., 2022). Diversas teorias e modelos surgiram para explicar o funcionamento das funções executivas dentro do prisma cognitivista.

Dentre eles, dois modelos se destacam pela sua relevância: o Modelo do Executivo Central (Burman, 2023) e o Sistema Atencional Supervisor (SAS) (Markus, 2020). Ambos oferecem perspectivas para entender como os processos executivos controlam e regulam o comportamento humano em situações diversas.

O modelo do Executivo Central descreve um sistema multifuncional responsável por coordenar várias habilidades cognitivas essenciais para o desempenho em tarefas complexas (Zink; Lenartowicz; Markett, 2021). Essas habilidades incluem a capacidade de focar a atenção em informações relevantes, inibindo distrações que possam prejudicar a execução da tarefa. Além disso, o Executivo Central gerencia a execução simultânea de atividades cognitivas diferentes, promovendo a seleção e execução de planos e estratégias conforme a necessidade da situação (Robledo-Castro; Castillo-Ossa; Corchado, 2023).

Outra função importante desse sistema é a alocação de recursos entre diferentes partes da memória de trabalho, permitindo que o cérebro lide com múltiplas demandas cognitivas ao mesmo tempo. Por fim, o Executivo Central facilita a recuperação de informações armazenadas na memória de longo prazo, essencial para a resolução de problemas e tomada de decisões (Baddeley, 2017). Portanto, o Executivo Central atua como um gestor que controla o fluxo de informações, delega tarefas para subsistemas específicos e otimiza os processos cognitivos envolvidos na realização de atividades (Cowan, 2010).

Outro modelo significativo é o SAS que categoriza os processos atencionais em automáticos e controlados (Dong; Li, 2020). Os processos automáticos são aqueles que ocorrem de maneira inconsciente e rotineira, não exigindo atenção consciente ou deliberada (Hütter; Rothermund, 2020).

Eles acontecem em paralelo a outras atividades, permitindo que o indivíduo realize múltiplas tarefas sem sobrecarregar a atenção (Wickens, 2021). Por outro lado, os processos controlados demandam um nível elevado de atenção consciente e são necessários em situações novas ou não rotineiras, onde é preciso tomar decisões complexas ou adaptar-se a novas circunstâncias (Zhu; Haugen; Liu, 2021; Bartelt; Dennis, 2024).

Esses processos requerem mais tempo e esforço cognitivo para serem realizados, já que envolvem uma análise detalhada da situação e a implementação de respostas não

automáticas. O SAS trabalha em conjunto com um sistema denominado controlador pré-programado, que utiliza esquemas já bem aprendidos e automatizados para responder a situações familiares (Friedman; Robbins, 2022).

No entanto, quando o indivíduo se depara com uma tarefa nova ou inesperada, que exige uma resposta criativa ou não habitual, o SAS entra em ação, coordenando a atenção consciente e os recursos cognitivos para enfrentar a nova demanda (Schirmbeck; Rao; Maehler, 2020). Esse modelo visa entender como o cérebro alterna entre respostas automáticas e controladas, dependendo da familiaridade e da complexidade da tarefa.

Embora as teorias cognitivistas não tenham sido originalmente desenvolvidas com o conceito específico de funções executivas em mente, suas contribuições foram fundamentais para o entendimento dos processos executivos (Tarchi; Ruffini; Pecini, 2021). Elas ajudaram a definir a base teórica para estudar como os humanos processam informações, resolvem problemas e adaptam seu comportamento em resposta a diferentes desafios cognitivos (Abdullah; Karpudewan; Tanimale, 2021).

A partir dessas teorias, ficou claro que as funções executivas desempenham um papel central na regulação do comportamento intencional e reflexivo, facilitando a adaptação a ambientes dinâmicos e desafiadores (Zelazo, 2020). Assim, as teorias cognitivas fornecem um arcabouço robusto para o estudo das funções executivas, destacando a importância da atenção, memória e flexibilidade cognitiva na regulação do comportamento e na solução de problemas complexos (Friedman; Robbins, 2022; Menon; D'Esposito, 2022).

Esses modelos também mostram que o desenvolvimento e a eficiência das funções executivas são essenciais não apenas para o desempenho acadêmico e profissional, mas também para o gerenciamento de situações cotidianas, onde a capacidade de tomar decisões rápidas e eficazes é frequentemente exigida (Baum; Wolf, 2024).

### ***2.1.3 Avaliação de Funções Executivas***

A avaliação das funções executivas é uma tarefa desafiadora devido à natureza complexa e multifacetada dessas habilidades, que se manifestam mais autenticamente em situações cotidianas e são difíceis de replicar com precisão em um ambiente clínico ou de laboratório (Nejati; Lehmann; Jansen, 2024). Além da complexidade de mensurar as funções executivas, existe uma falta de consenso conceitual e metodológico sobre

quais protocolos utilizar e uma carência de instrumentos padronizados que avaliem simultaneamente os múltiplos aspectos dessas habilidades (Diamond, 2020).

Assim, estabelecer um método que reflita fielmente o funcionamento executivo real dos indivíduos permanece um desafio para os pesquisadores e profissionais de avaliação neuropsicológica. Para contornar essas limitações, pesquisadores desenvolveram e validaram diversas ferramentas específicas para avaliar componentes isolados das funções executivas, enquanto outros estudos buscaram integrar múltiplos aspectos executivos em uma única bateria de testes (Zamzow; Ernst, 2020; Berardi et al., 2021).

Ferramentas como o Teste de Stroop, que mede a atenção seletiva ao exigir que o indivíduo ignore informações conflitantes (como o nome de uma cor escrito em uma tinta de cor diferente) (Periáñez et al., 2021), o Teste de Geração Semântica, que avalia o controle inibitório, são amplamente utilizados (Guerra et al., 2022), e o Teste da Torre de Londres, que mede a habilidade de planejamento, também são comumente aplicados em estudos e avaliações clínicas (Sarro et al., 2022).

Outro teste bastante utilizado é o Teste Wisconsin de Classificação de Cartas. Esse teste avalia a flexibilidade cognitiva, atenção e impulsividade, sendo adaptado para a realidade brasileira, o que inclui a disponibilização de tabelas normativas para diferentes faixas etárias e um manual traduzido (Miles et al., 2021).

Essas ferramentas adicionais ajudam a converter escores brutos em percentis e outras métricas, facilitando a interpretação dos resultados e promovendo uma análise mais completa dos dados. Além disso, o Teste de Trilhas, projetado para avaliar a flexibilidade cognitiva e a capacidade de alternância entre tarefas (Langeard; Torre; Temprado, 2021).

O Teste de Trilhas oferece uma avaliação detalhada das habilidades visomotoras, velocidade de processamento, atenção alternada, flexibilidade cognitiva e controle inibitório, cobrindo dois dos três principais domínios das funções executivas, o que justifica seu uso frequente em pesquisas e práticas clínicas. Além dos testes específicos, pesquisadores têm utilizado baterias compostas para obter uma avaliação mais holística das funções executivas.

Entre as baterias mais comuns, estão as Escalas Wechsler (Takayanagi et al., 2022), que oferecem uma medida ampla da cognição, a Bateria Breve de Rastreo Cognitivo, projetada para avaliações rápidas em ambientes clínicos (Francisco, 2020), e a Bateria Montreal de Avaliação da Comunicação, que investiga aspectos mais específicos da comunicação que podem interferir no controle executivo (Souza et al., 2020).

Outras ferramentas incluem o Paradigma Go/No-Go, utilizado para avaliar respostas inibitórias em tarefas de reação rápida (Benedetti et al., 2020), e a escala *The Behavior Rating Inventory of Executive Function*, uma avaliação baseada em relatórios de comportamento executivo no dia a dia, geralmente aplicada em contextos educacionais ou familiares (Shwartz et al., 2020).

Atualmente, as pesquisas buscam integrar métodos de avaliação tradicionais com tecnologias emergentes, como jogos digitais e aplicativos móveis, que oferecem simulações realistas e podem capturar a adaptabilidade do indivíduo em tempo real (Moron et al., 2022; Song; Yi; Park, 2020; Abd-Alrazaq et al., 2022; Borgnis et al., 2022). Esses avanços prometem melhorar a precisão e a ecologia dos testes de funções executivas, ampliando a compreensão sobre como as funções executivas operam em cenários do cotidiano e proporcionando uma base mais sólida para intervenções personalizadas.

## **2.2 Tecnologias e Mensuração Cognitiva**

O avanço tecnológico tem gerado novas possibilidades de mensuração e desenvolvimento de habilidades cognitivas, especialmente através de ferramentas digitais e metodologias interativas (Liesa-Orús et al., 2020). Esta seção explora como aplicativos educacionais e estratégias de gamificação contribuem para a avaliação e o aprimoramento de processos cognitivos em crianças e adultos, com um foco especial nas funções executivas.

### **2.2.1 Aplicativos Educacionais como Ferramentas de Avaliação**

O uso de aplicativos educacionais tem se tornado uma prática comum no ambiente escolar (Saleem; Noori; Ozdamli, 2022), promovendo uma abordagem dinâmica e interativa que facilita o ensino de habilidades específicas. Estudos mostram que esses aplicativos oferecem benefícios significativos ao processo de ensino e aprendizagem ao engajar os alunos de maneira ativa, adaptando-se ao ritmo individual e fornecendo *feedback* em tempo real (Martín-Sómer; Casado; Gómez-Pozuelo, 2024; Haleem et al., 2022; Obada et al., 2023).

Através desses recursos, os alunos não apenas adquirem conhecimento técnico, mas também desenvolvem habilidades cognitivas relacionadas, como resolução de problemas, pensamento lógico e tomada de decisão (Chen; Ding, 2024; Nurbekova et al.,

2020). Na mensuração de habilidades cognitivas, aplicativos educacionais, em especial aqueles baseados em jogos cognitivos, se destacam (Vanbecelaere et al., 2020). Jogos cognitivos são projetados especificamente para treinamento e intervenção, com o objetivo de melhorar aspectos como memória de trabalho, atenção e flexibilidade cognitiva.

Ao utilizar atividades lúdicas com objetivos cognitivos bem definidos, esses jogos promovem a prática constante e o aprimoramento de habilidades complexas de maneira estruturada e adaptativa (Pasqualotto et al., 2022; Reynaldo et al., 2021). Pesquisas recentes indicam que o uso de jogos digitais contribui para o aprimoramento de várias funções cognitivas em adultos, incluindo a capacidade visual e de atenção, habilidades perceptivas, bem como a capacidade de multitarefa e de tomada de decisões executivas (Bonnechère; Langley; Sahakian, 2020; Choi et al., 2020; Wang et al., 2021; Huang, 2020).

Esse impacto positivo também é observado em crianças, onde jogos digitais têm mostrado melhorias na memória de trabalho, na atenção, na flexibilidade cognitiva e nas funções executivas de maneira geral (Vedechkina; Borgonovi, 2021; Choi et al., 2020; Franceschini et al., 2022). A utilização desses aplicativos proporciona não apenas uma forma de medir essas habilidades em ambientes mais realistas e imersivos, mas também oferece uma via potencial para intervenções em contextos educacionais (Sandoval-Henríquez; Badilla-Quintana, 2021).

### ***2.2.2 Gamificação e Funções Executivas***

A gamificação é uma estratégia que aplica elementos típicos dos jogos — como recompensas, níveis de dificuldade e metas — em contextos não relacionados diretamente a jogos, como a educação e o treinamento cognitivo (Khaleghi; Aghaei; Mahdavi, 2021; Rozhenko et al., 2021). Essa abordagem visa aumentar o engajamento e a motivação dos participantes, incentivando comportamentos desejados e promovendo uma experiência que melhore a aprendizagem e a retenção de conhecimento sem a necessidade de um jogo completo (Nieto-Escamez; Roldán-Tapia, 2021; Jutin; Maat, 2024).

Em intervenções educacionais e de desenvolvimento cognitivo, a gamificação vem se mostrando uma abordagem eficaz (Luo, 2022). Ela permite que os participantes interajam em um ambiente de aprendizado lúdico e motivador, onde o alcance de objetivos específicos e a superação de desafios são recompensados, incentivando a persistência e o

foco nas tarefas (Christopoulos; Mystakidis, 2023; Duggal; Singh; Gupta, 2021; Sailer; Homner, 2020).

Essa motivação é fundamental para o desenvolvimento de funções executivas, já que o aprendizado ocorre de maneira mais fluida e eficiente quando associado a experiências positivas (Zelazo et al., 2024; Diamond, 2020). Um exemplo de integração da gamificação no desenvolvimento das funções executivas é observado em estudos que utilizam jogos destinados ao treinamento de memória de trabalho, planejamento e inibição, onde o nível de dificuldade aumenta conforme o desempenho do participante (Robledo-Castro; Castillo-Ossa; Corchado, 2023).

Pesquisas conduzidas com crianças de 6 anos, por exemplo, demonstraram que jogos baseados em treino cognitivo — projetados para trabalhar habilidades de memória operacional, planejamento e controle inibitório — geram transferências para outros aspectos das funções executivas, como atenção e planejamento, além de melhorarem o desempenho escolar (Gunzenhauser; Nückles, 2021). Ao final de um programa de treinamento de três meses, os participantes apresentaram avanços significativos em suas funções executivas e em suas habilidades escolares, sugerindo que intervenções gamificadas podem trazer benefícios práticos e mensuráveis no contexto educacional.

Além disso, estudos apontam que intervenções gamificadas podem ser uma ferramenta eficaz para desenvolver e mensurar a flexibilidade cognitiva, que é muito importante para a adaptação a novas situações e para a capacidade de alternância entre tarefas (Cheng; Chau, 2022). O uso de jogos e aplicativos gamificados permite que habilidades executivas sejam avaliadas de forma prática e dinâmica, simulando demandas reais de atenção, planejamento e controle. Essa metodologia não só facilita a mensuração precisa dessas habilidades, mas também promove seu desenvolvimento em contextos cotidianos, onde tais competências são fundamentais para o sucesso acadêmico e social (Berg, 2021; Antonopoulou et al., 2022).

As tecnologias digitais possibilitam o uso de métodos adaptativos e personalizados que se ajustam ao progresso do usuário, criando uma experiência de aprendizado personalizada que aborda as necessidades individuais. No futuro, essas tecnologias continuarão a evoluir, prometendo avanços ainda maiores na integração de jogos e gamificação para o desenvolvimento das habilidades cognitivas e executivas em ambientes educacionais e de treinamento (Diamond, 2020).

## 2.3 Teorias Psicométricas

Nosso principal objetivo é avaliar uma característica que não pode ser diretamente observada, seja ela o conhecimento em uma disciplina educacional, um comportamento ou uma patologia na área da saúde. Essas características não-observáveis são chamadas de traços latentes ou habilidades (Primi, 2012). Para mensurar esses traços latentes, utilizamos duas teorias psicométricas principais: a Teoria Clássica dos Testes (TCT) e a Teoria de Resposta ao Item (TRI). Ambas fornecem diferentes abordagens para estimar os parâmetros dos itens e analisar a qualidade do instrumento de medida como um todo.

### 2.3.1 Teoria Clássica dos Testes

A TCT baseia-se na pontuação total obtida em um teste para medir a habilidade ou conhecimento de um indivíduo. Essa pontuação serve como uma estimativa do desempenho e é interpretada por meio de normas que permitem comparar a posição relativa de um indivíduo em relação a outros ou em um determinado construto medido (Araújo et al., 2019). Dessa forma, a TCT utiliza escores para determinar o nível de proficiência do respondente em um instrumento específico.

A TCT assume que a pontuação observada de um indivíduo é composta por dois componentes: a pontuação verdadeira e o erro de medida (Primi, 2012). Assim, a teoria busca reduzir ao máximo esse erro para garantir que o construto medido seja, de fato, representado pela pontuação final (Pasquali, 2017). A partir do escore total, é possível aplicar medidas que avaliem a qualidade dos itens e do instrumento, como o coeficiente de correlação do ponto bisserial e o coeficiente alfa de Cronbach.

#### 2.3.1.1 Coeficiente de Ponto Bisserial

O coeficiente de ponto bisserial mede a correlação entre uma variável dicotômica (certo/errado) e uma variável contínua (a pontuação total do teste). Ele é utilizado para avaliar o quanto um item específico contribui para diferenciar indivíduos com diferentes níveis de habilidade no instrumento (Baker, 2001). O coeficiente de ponto bisserial ajuda a identificar quais itens têm maior capacidade discriminativa, ou seja, aqueles que melhor distinguem indivíduos com habilidades altas daqueles com habilidades baixas (Araújo et al., 2019). A Equação 2.1 define o coeficiente de ponto bisserial:

$$Ppb = \frac{\bar{X}_A - \bar{X}_T}{S_T} \sqrt{\frac{p}{1-p}} \quad (2.1)$$

Onde:

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

$\bar{X}_T$  é a média global das pontuações do teste;

$S_T$  é o desvio padrão das pontuações totais;

$p$  é a proporção de respondentes que acertaram o item.

O coeficiente de ponto bisserial varia entre -1 e +1, sendo que quanto mais próximo de +1, mais discriminativo é o item. Itens com valores altos de ponto bisserial (próximos de 1) têm maior impacto na estimativa da habilidade, indicando que esses itens são essenciais para a avaliação (Araújo et al., 2019).

### 2.3.1.2 Coeficiente Alpha de Cronbach

O coeficiente alfa de Cronbach é utilizado para avaliar a confiabilidade de um instrumento de medida, analisando sua consistência interna. Ele mede o grau de correlação entre os itens de um teste, verificando se os itens estão avaliando de forma consistente o mesmo construto (Araújo et al., 2019).

O alfa de Cronbach varia de 0 a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam uma consistência interna adequada, ou seja, os itens do instrumento estão bem alinhados em medir o mesmo traço latente. Valores entre 0,70 e 0,80 são considerados aceitáveis, enquanto valores abaixo de 0,70 indicam que o instrumento pode precisar de ajustes (Wolcott; Olsen; Augustine, 2022). A Equação 2.2 define o coeficiente alfa de Cronbach:

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2}\right) \quad (2.2)$$

Onde:

$n$  é o número de itens;

$\sum S_i^2$  é a soma das variâncias dos itens;

$S_T^2$  é a variância total das pontuações do teste.

### 2.3.1.3 *Limitações da TCT*

Embora a TCT seja amplamente utilizada, ela apresenta algumas limitações. Uma delas é o fato de que todos os indivíduos devem responder ao mesmo conjunto de itens, independentemente de seu nível de habilidade, o que pode resultar em respostas não confiáveis e exaustão (Kanlı, 2020). Outro problema é que a TCT não considera a probabilidade de acerto ao acaso, o que pode impactar a precisão dos resultados em testes de múltipla escolha.

Além disso, a teoria não permite comparações entre diferentes populações ou diferentes versões de um mesmo teste, já que a análise depende diretamente da amostra testada (Baker, 2001). A TCT também assume que todos os itens têm o mesmo peso na pontuação total, o que pode não refletir com precisão a dificuldade ou a discriminação de cada item. Como resultado, a Teoria de Resposta ao Item (TRI) oferece uma solução mais sofisticada para superar essas limitações, proporcionando uma análise mais detalhada e flexível do desempenho do indivíduo.

### 2.3.2 *Teoria de Resposta ao Item*

Diante das limitações da TCT, a TRI surge como uma alternativa capaz de complementá-la. Enquanto a TCT permite verificar a possibilidade de um indivíduo acertar um item ao acaso, a TRI vai além, fornecendo uma maneira mais detalhada de identificar essa probabilidade com base nas respostas a outros itens do teste. Além disso, a TRI permite comparações entre indivíduos que realizaram testes diferentes, desde que esses testes compartilhem alguns itens, ou entre diferentes populações submetidas a um mesmo teste (Polat, 2022).

A TRI pode ser usada na elaboração de instrumentos de avaliação educacional, calibração de itens (definição dos parâmetros numéricos dos itens) e em outros processos de desenvolvimento de instrumentos de medida. Ela oferece a vantagem de ajustar os dados para diferentes modelos estatísticos, permitindo que as habilidades dos indivíduos sejam comparadas com base em parâmetros que são estimados estatisticamente, de maneira independente da amostra utilizada (Baker, 2001).

Na TRI, é possível prever o comportamento de um indivíduo em um item com base em um conjunto de variáveis hipotéticas ou traços latentes. A relação entre o comportamento no item e a habilidade do indivíduo pode ser descrita por uma função matemática

monótona crescente, chamada de Curva Característica do Item (CCI) (Pasquali, 2017).

### 2.3.2.1 Curva Característica do Item

A CCI fornece informações sobre a probabilidade de um indivíduo acertar um item com base em sua habilidade (Vieira; Júnior; Potrich, 2020). Na TRI, cada item possui uma CCI que determina sua qualidade e o comportamento esperado do item em diferentes níveis de habilidade. A CCI é um gráfico que representa a relação entre a habilidade estimada e a probabilidade de acerto em um item (Araújo et al., 2019). A CCI é influenciada por parâmetros específicos da TRI, que variam de acordo com o modelo matemático utilizado.

Dependendo do número de parâmetros envolvidos, da dimensionalidade ou do tipo de itens, diferentes modelos matemáticos podem ser aplicados. Um dos mais comuns é o modelo logístico unidimensional de três parâmetros (3PL), que considera a discriminação, a dificuldade e a probabilidade de acerto ao acaso (Jiang et al., 2024). A Equação 2.3 define o 3PL:

$$P(\theta) = c_j + (1 - c_j) \frac{1}{1 + e^{-a_j(\theta - b_j)}} \quad (2.3)$$

Onde:

$\theta$  representa a habilidade latente do indivíduo;

$a_j$  é o parâmetro de discriminação do item;

$b_j$  é o parâmetro de dificuldade do item;

$c_j$  é o parâmetro que representa a probabilidade de acerto ao acaso.

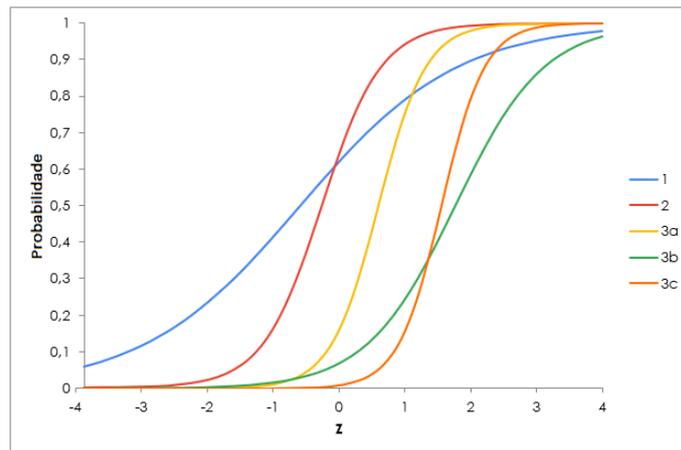
O parâmetro de discriminação ( $a_j$ ) indica o quanto o item consegue diferenciar entre indivíduos com diferentes níveis de habilidade. Itens com alta discriminação podem distinguir melhor entre pessoas com habilidades próximas. Esse parâmetro varia de 0 (sem discriminação) a 4 (extremamente discriminativo).

O parâmetro de dificuldade ( $b_j$ ) reflete a habilidade necessária para que um indivíduo tenha uma probabilidade de 50% de acertar o item. Já o parâmetro de acerto ao acaso ( $c_j$ ) indica a chance de um indivíduo com baixa habilidade acertar o item por sorte, com valores que variam entre 0 e 0,5 (Brandão; Guedes et al., 2020).

Programas de computador especializados são usados para calcular os parâmetros

dos itens e gerar as CCI. Esses programas aplicam funções matemáticas não lineares, como as funções logarítmicas, para representar graficamente a relação entre a probabilidade de acerto do item e o nível de habilidade do indivíduo (Araújo et al., 2019). A Figura 1 mostra um exemplo de gráfico com várias CCI.

Figura 1 – Exemplo de CCI.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

No gráfico da Figura 1, cada linha representa a CCI de um item, ilustrando como a probabilidade de acerto varia de acordo com a habilidade do respondente. O eixo x representa a habilidade (Z), com valores que variam de -4 a +4, e o eixo y mostra a probabilidade de resposta correta, variando de 0 a 1. No exemplo, o item '3c' é o mais discriminador, enquanto o item '3b' é o mais difícil, e o item '1' é o mais fácil e menos discriminador.

### 2.3.2.2 Estimativa da Habilidade

O modelo 3PL gera uma escala chamada traço latente ou habilidade, que é padronizada (média = 0, desvio padrão = 1) e, em geral, varia de -4 a +4. A habilidade de um indivíduo é estimada com base nas respostas fornecidas aos itens do teste, utilizando um método de estimação como o Expected A Posteriori (EAP) (Chapman, 2022).

O EAP é um método baseado em estatísticas bayesianas, que calcula a pontuação esperada para um indivíduo com base em suas respostas e nos parâmetros estimados dos itens (Kern; Choe, 2021; Chapman, 2022). O termo “a posteriori” refere-se à distribuição

de probabilidade das pontuações de traço latente, levando em conta as respostas do indivíduo e os parâmetros do modelo. O EAP utiliza essa distribuição para estimar a habilidade do indivíduo de forma precisa. A equação do EAP é definida como:

$$\theta_{s+1} = \theta_s + \frac{\sum_{i=1}^n a_i [u_i - P_i \theta_s]}{\sum_{i=1}^n a_i^2 P_i(\theta_s) Q_i(\theta_s)} \quad (2.4)$$

Onde:

$\theta_s$  é a habilidade estimada do respondente após  $s$  iterações;

$a_i$  é o parâmetro de discriminação do item  $i$ .

O EAP ajusta as estimativas para cada respondente de forma personalizada, levando em consideração o padrão de respostas e os parâmetros dos itens avaliados. Esse ajuste é fundamental porque não se baseia apenas na pontuação bruta, mas utiliza uma abordagem bayesiana que combina as respostas do indivíduo com uma distribuição de probabilidade a priori.

Dessa maneira, o EAP proporciona uma estimativa mais refinada da habilidade latente do respondente, ajustando o valor de acordo com a probabilidade de acerto de cada item, considerando também a dificuldade e discriminação dos itens. Além disso, ele faz uso da Função de Informação do Item (FII) para maximizar a precisão da estimativa, identificando em quais níveis de habilidade cada item é mais informativo. Isso garante que as estimativas sejam otimizadas e ofereçam uma medida mais confiável da habilidade do indivíduo.

### 2.3.2.3 Função de Informação do Item

A FII mede a quantidade de informação psicométrica que um item fornece sobre a habilidade do respondente em diferentes níveis (Pasquali, 2017). A FII permite identificar em que pontos do continuum de habilidade o item é mais informativo, ajudando a selecionar itens que forneçam maior precisão na avaliação. A FII é uma ferramenta poderosa para a análise de itens, mostrando não apenas quanta informação um item contém, mas também em quais níveis de habilidade ele é mais útil. A Equação 2.5 define a FII:

$$I(\theta) = a^2 \frac{Q_i(\theta)(P_i(\theta) - c)^2}{P_i(\theta)(1 - c)^2} \quad (2.5)$$

Onde:

$a$  é o parâmetro de discriminação do item;

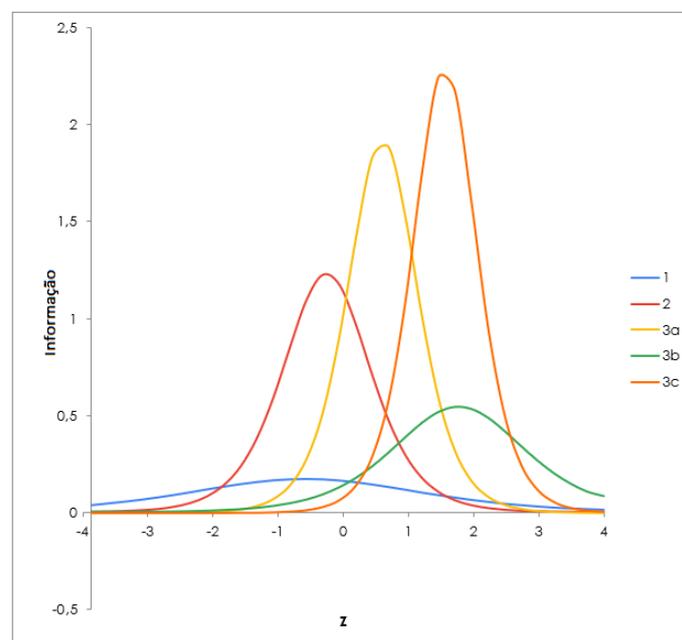
$c$  é o parâmetro de dificuldade do item;

$P_i(\theta)$  é a probabilidade de acerto do item no nível de habilidade  $\theta$ ;

$Q_i(\theta)$  é a probabilidade de resposta incorreta ao item no nível de habilidade  $\theta$ .

O gráfico da Figura 2 ilustra a FII de diferentes itens, mostrando como eles se comportam em relação à habilidade do respondente.

Figura 2 – Exemplo de FII's.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

No gráfico da Figura 2, o eixo x representa a habilidade, e o eixo y mostra a quantidade de informação fornecida por cada item em diferentes níveis de habilidade. O item '3a', por exemplo, fornece mais informações em níveis médios de habilidade, enquanto o item '2' é mais informativo em níveis mais baixos.

### 3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta detalhadamente os procedimentos e recursos empregados para o desenvolvimento, aplicação e validação do *ExecuTree Adventures*, visando estabelecer a confiabilidade e a validade do instrumento para avaliar funções executivas em crianças. Os métodos foram planejados com base em critérios rigorosos, contemplando a seleção criteriosa dos participantes, o ambiente de aplicação controlado e análises psicométricas avançadas, utilizando a TCT e a TRI. A seguir, são descritas as questões de pesquisa, os participantes, o instrumento, o ambiente de aplicação e os métodos de análise.

#### 3.1 Questões de pesquisa

Com base nos objetivos propostos para o desenvolvimento e validação do *ExecuTree Adventures*, foram elaboradas questões de pesquisa que orientam o processo de análise psicométrica e confiabilidade do instrumento. Estas questões buscam avaliar a eficácia do banco de itens em medir habilidades específicas das funções executivas em um contexto lúdico e educacional, bem como a robustez das propriedades psicométricas que sustentam o uso do instrumento em pesquisas e avaliações educacionais.

- **QP1.** O instrumento construído a partir do banco de itens demonstra boa confiabilidade, permitindo uma mensuração consistente e estável das habilidades cognitivas ao longo do tempo e em diferentes contextos de aplicação?
- **QP2.** Os itens que representam os indicadores de habilidades das funções executivas, como memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, apresentam propriedades psicométricas adequadas, como validade e capacidade de discriminação entre diferentes níveis de habilidade?

Essas questões de pesquisa fundamentam a análise da validade e confiabilidade do *ExecuTree Adventures*, orientando a verificação das características psicométricas dos itens e do instrumento como um todo. A investigação proposta avalia não apenas a precisão dos itens em discriminar diferentes níveis de habilidades executivas, mas também a capacidade do instrumento de oferecer resultados estáveis e consistentes, essenciais para sua aplicação prática e educacional.

## 3.2 Participantes

A amostra foi composta por 50 crianças de uma escola pública, com idades entre 6 e 12 anos, selecionadas aleatoriamente. A seleção considerou critérios como desenvolvimento típico, ausência de diagnósticos neuropsicológicos, e foi obtido consentimento informado dos pais ou responsáveis, respeitando todas as diretrizes éticas para pesquisas com crianças.

Uma amostragem intencionalmente variada foi utilizada para representar diferentes contextos socioeconômicos e níveis de desempenho acadêmico. Antes da aplicação, uma reunião informativa foi conduzida com os responsáveis, explicando os objetivos do estudo, os benefícios e os riscos envolvidos, assim como a natureza voluntária da participação e o direito de desistência a qualquer momento. A diversidade da amostra e a inclusão de crianças sem diagnósticos clínicos foram estratégias para garantir que os resultados pudessem ser generalizados para o público-alvo, maximizando a validade externa do instrumento.

## 3.3 Instrumento

Nesta seção, abordamos a estrutura e os objetivos do instrumento estudado intitulado *ExecuTree Adventures*. Trata-se de uma ferramenta interativa desenvolvida para avaliar e promover o desenvolvimento das funções executivas em crianças. O projeto, conduzido pelo Prof. Dr. Jucelio Soares dos Santos em parceria com o CognitiveLab/UFMG/CNPq, coordenado pela Prof. Dra. Monilly Ramos Araujo Melo, combina elementos lúdicos e psicométricos para medir habilidades cognitivas fundamentais no contexto escolar, utilizando uma interface gamificada e recursos de tecnologia avançada.

### 3.3.1 Desenvolvimento do Instrumento

O instrumento *ExecuTree Adventures* é um website gamificado, com uma temática de animais e florestas, projetado especificamente para o público infantil. Seu principal objetivo é auxiliar educadores na mensuração e treinamento das funções executivas em crianças por meio de atividades interativas que envolvem elementos visuais e desafios cognitivos. Para isso, a plataforma organiza os alunos em turmas e permite o cadastro facilitado de cada um, gerando relatórios detalhados de desempenho.

O desenvolvimento do instrumento utilizou tecnologias modernas como ReactJS para o *front-end*, oferecendo uma interface intuitiva e responsiva, enquanto o *back-end* foi implementado com NodeJS, integrando-se a um banco de dados MongoDB para armazenar e gerenciar os dados coletados. Essa estrutura possibilita a manipulação eficiente de grandes volumes de informações, como registros de desempenho e respostas dos alunos, essencial para a análise e acompanhamento das atividades cognitivas.

As atividades foram validadas em parceria com o CognitiveLab, usando instrumentos psicométricos para assegurar a avaliação precisa das funções executivas, como memória de trabalho, controle inibitório e flexibilidade cognitiva. O instrumento gera relatórios detalhados sobre o desempenho dos alunos, com dados de tempo de resposta e precisão, oferecendo aos educadores uma visão abrangente do desenvolvimento cognitivo das crianças.

### **3.3.2 Mecânica do Jogo e Medição Cognitiva**

O jogo consiste em uma série de quizzes interativos e lúdicos com temas de animais, onde cada questão é projetada para estimular uma ou mais funções executivas. Para superar os desafios, os jogadores exercitam habilidades como controle inibitório, memória e adaptação a novos contextos. As Figuras 3, 4 e 5 exemplificam essas atividades.

A atividade da Figura 3 pede para que o aluno pinte a figura do macaco usando a cor verde. O intuito desta atividade é testar o controle inibitório da criança, que pode naturalmente associar o macaco à cor marrom, tendo que ir contra suas concepções para escolher a resposta correta. A atividade também testa a capacidade da criança de prestar atenção no enunciado.

Figura 3 – Pinte o macaco de verde.



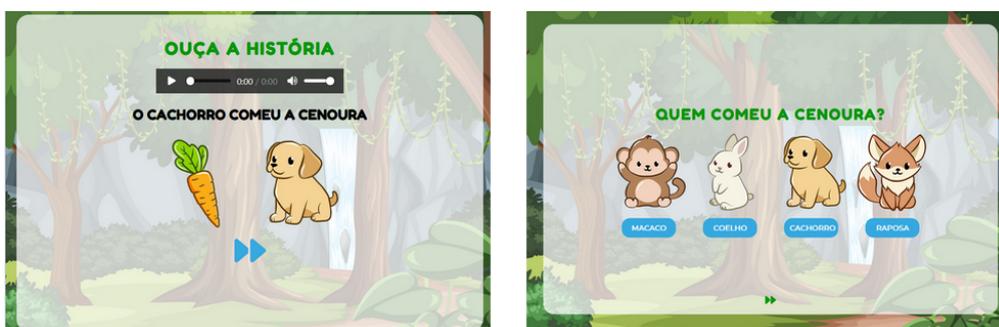
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 4 – Pinte o pato de azul.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 5 – Quem comeu a cenoura?



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Semelhante a atividade anterior, a atividade da Figura 4 pede para que o usuário pinte o pato de azul. Assim como a primeira, busca testar o controle inibitório, fazendo a criança escolher uma cor que não é comumente associada a um pato. A atividade coloca a cor amarela como primeira opção como forma de testar o controle de impulsos do usuário, já que amarelo é uma cor normalmente associada a patos. Já a Figura 5 traz um tipo de questão diferente. Nela a criança irá escutar um áudio que diz que "O cachorro comeu a cenoura", e então haverá uma transição para uma segunda tela onde será perguntado quem dentre 4 animais apresentados foi o que comeu a cenoura.

A primeira habilidade estimulada nesta atividade é a memória de trabalho. A criança deve guardar aquela pequena informação por um curto período e tentar responder da maneira correta. Porém, assim como nas questões anteriormente apresentadas, esta atividade também testa o controle inibitório do estudante uma vez que a figura do coelho, que é um animal associado ao consumo de cenouras no senso comum, se faz presente no teste como uma forma de induzir o aluno a agir impulsivamente.

### **3.4 Procedimentos**

As sessões do instrumento foram realizadas em ambiente controlado na própria escola, em uma sala silenciosa, sem interferências externas, equipada com computadores e tablets. Cada criança foi avaliada individualmente para assegurar que o ambiente proporcionasse concentração total na atividade. Antes do teste, cada criança recebeu uma explicação breve e acessível sobre como usar o instrumento, seguida de uma tarefa de exemplo para verificar a compreensão do formato do teste.

Cada sessão teve duração média de 30 minutos, ajustando-se ao ritmo individual dos participantes. Durante o teste, o instrumento registrou automaticamente as respostas e o tempo de resposta para cada tarefa, assegurando a coleta precisa dos dados. Ao final de cada sessão, os dados foram salvos em um servidor seguro para análise posterior, com *backup* periódico para garantir a segurança e integridade dos registros.

Para minimizar vieses, foram controladas variáveis como o tempo de resposta e possíveis interferências no ambiente. Os aplicadores foram treinados para manter um padrão de comunicação e orientação, evitando influências ou estímulos desnecessários.

### 3.5 Análise de Dados

A análise de dados foi conduzida com rigor, utilizando uma combinação de métodos da TCT e TRI, proporcionando uma avaliação robusta da validade e confiabilidade do instrumento. Dentro da TCT, o alfa de Cronbach foi utilizado para medir a consistência interna, adotando-se um valor mínimo de 0,8, adequado ao contexto infantil. Foram calculados também a média e o desvio padrão das respostas de cada participante, possibilitando uma análise da distribuição e centralidade dos escores e fornecendo uma visão geral do desempenho do teste como um todo.

Na TRI, foram estimados três parâmetros para cada item: a dificuldade (*b*), refletindo o nível de habilidade necessário para uma resposta correta; a discriminação (*a*), indicando a capacidade do item em distinguir entre níveis variados de habilidade; e o acerto ao acaso (*c*), representando a probabilidade de acerto sem base em conhecimento. Esses parâmetros permitiram identificar itens eficazes para avaliar diferentes níveis de habilidade.

A correlação ponto-bisserial foi calculada para cada item, permitindo observar a relação entre o acerto e o desempenho total no teste. Este parâmetro ajudou a ajustar o instrumento, refinando a capacidade dos itens de discriminar entre diferentes níveis de habilidade.

Para a análise estatística, pacotes como Pandas, NumPy e SciPy em Python foram empregados, permitindo cálculos precisos dos índices da TCT e TRI. Scripts automatizados geraram gráficos e relatórios, facilitando a visualização de padrões e tendências. Todos os dados foram armazenados em servidores seguros, com *backups* automáticos, e relatórios visuais, incluindo gráficos de pontuação média, tempos de resposta e discriminação de itens, proporcionaram uma visão clara e abrangente do desempenho dos participantes.

### 3.6 Considerações Éticas

Este estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos aplicáveis a pesquisas com crianças. Antes da coleta de dados, foi obtido consentimento informado de todos os responsáveis legais, garantindo que os participantes e seus responsáveis estivessem cientes de seus direitos e da natureza voluntária da pesquisa.

As crianças puderam desistir da participação em qualquer momento sem prejuízo. A privacidade e o anonimato dos dados foram rigorosamente respeitados, e todas as análises foram realizadas de forma anônima, sem associações diretas aos participantes. As etapas de desenvolvimento, aplicação e análise dos dados foram executadas com o objetivo de respeitar a integridade e o bem-estar dos participantes, assegurando que o estudo contribuísse para o avanço do conhecimento sobre avaliação de funções executivas sem riscos ou desconfortos para as crianças envolvidas.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo, são discutidos os resultados obtidos por meio da aplicação de um instrumento de avaliação das funções executivas em uma amostra de 50 crianças, utilizando a Teoria Clássica dos Testes (TCT) e a Teoria de Resposta ao Item (TRI). A análise se concentra na confiabilidade do instrumento, na proporção de acertos, na discriminação dos itens e na relevância dessas análises para o diagnóstico cognitivo infantil. Além disso, são sugeridos aprimoramentos e direções para futuras pesquisas, com o intuito de refinar o instrumento e ampliar suas aplicações.

### **4.1 Análise de Confiabilidade e Consistência Interna**

A análise de confiabilidade e consistência interna do instrumento foi realizada utilizando a TCT, com foco no coeficiente alpha de Cronbach. A TCT é amplamente utilizada para avaliar a consistência interna de um conjunto de itens que compõem um teste, sendo o alpha de Cronbach um dos indicadores mais empregados para verificar se os itens medem uma única dimensão de forma homogênea. Neste estudo, o coeficiente alpha de Cronbach alcançado foi de 0,812, o que é considerado satisfatório, evidenciando uma alta correlação entre os itens.

Esse valor indica que o instrumento possui uma confiabilidade adequada para a mensuração das funções executivas, sugerindo que os itens estão bem alinhados em termos de conteúdo e capacidade de avaliação. O alpha de Cronbach, quando acima de 0,7, é geralmente interpretado como uma indicação de alta consistência interna, e um valor superior a 0,8, como encontrado neste caso, aponta para uma excelente adequação do instrumento no contexto de pesquisa psicológica e educacional.

Além disso, a pontuação média obtida no teste foi de 0,652 (ou 65,2% de acertos), com um desvio padrão de 0,138. Esse desvio padrão relativamente baixo sugere que as pontuações dos participantes estavam concentradas em torno da média, com pouca variação entre as crianças avaliadas.

Dessa forma, pode indicar que a amostra é relativamente homogênea em termos das habilidades avaliadas ou que o teste possui itens com dificuldades adequadas para o grupo estudado. Uma concentração em torno da média pode ser vantajosa, pois reduz a probabilidade de resultados extremos que poderiam distorcer a interpretação dos dados.

## 4.2 Análise Detalhada dos Itens com a TRI

A TRI possibilitou uma avaliação aprofundada dos parâmetros psicométricos de dificuldade (b), discriminação (a) e acerto ao acaso (c) dos itens. Na Tabela 1, são apresentados esses parâmetros para cada item, permitindo a análise do desempenho de cada tarefa no contexto das habilidades executivas.

Tabela 1 – Parâmetros Psicométricos dos Itens com Base na TRI.

Item	a	b	c
Pinte o macaco de verde	0.804	-1.942	0.107
Pinte o pato de azul	0.705	-1.025	0.119
Quem comeu a cenoura?	0.978	0.069	0.186
Quem se encontrou na floresta?	1.248	1.039	0.184
Quem brincou com o gato?	1.112	0.575	0.195
Ligue os animais iguais	1.533	1.428	0.248
Ligue o animal à comida	1.571	1.748	0.261
Ligue o animal à sombra	1.726	1.788	0.244
Leve a girafa à árvore grande	1.761	2.087	0.243
Encontre todas as tartarugas	1.019	0.841	0.216
Toque nas imagens da história	1.795	1.906	0.237

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

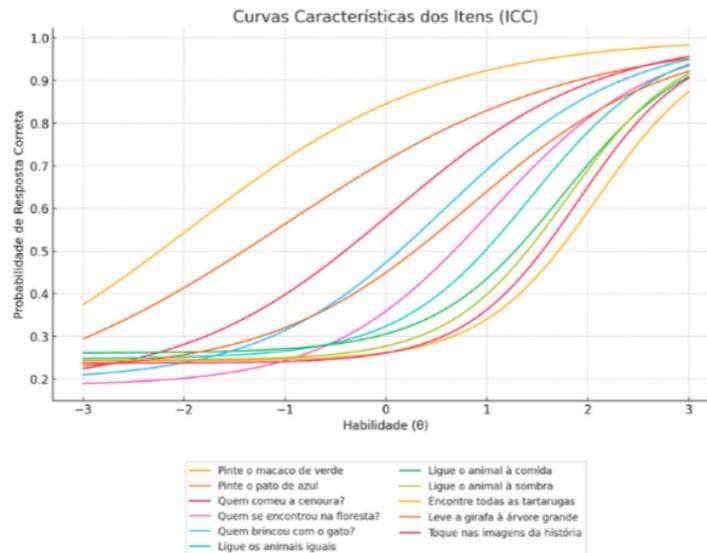
Os itens mostraram ampla variação em termos de dificuldade, indo desde tarefas mais simples, como "Pinte o macaco de verde" ( $b = -1,942$ ), até itens mais desafiadores, como "Leve a girafa à árvore grande" ( $b = 2,087$ ). Esse leque de dificuldades sugere que o instrumento cobre uma gama diversificada de habilidades cognitivas, desde as mais elementares até as mais complexas.

A Figura 6 apresenta as Curvas Características dos Itens (CCIs), que ilustram graficamente a probabilidade de acerto em função do nível de habilidade das crianças, destacando-se a discriminação e dificuldade dos itens. Itens com alta discriminação exibem curvas mais inclinadas, enquanto itens de dificuldade variada mostram curvas deslocadas ao longo do eixo de habilidade.

Além disso, a Figura 7 exhibe as Funções de Informação dos Itens (FIIs), que indicam a quantidade de informação fornecida por cada item em diferentes níveis de habilidade. Essa análise é essencial para compreender quais itens contribuem mais para a precisão do instrumento em faixas específicas de habilidade, permitindo a possível adap-

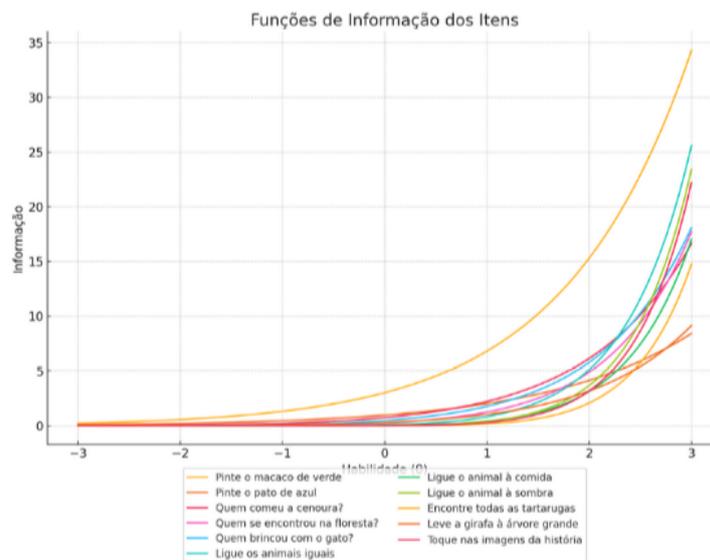
tação do teste para maximizar a informação fornecida, especialmente nas extremidades de habilidade.

Figura 6 – Curvas Características dos Itens para as Funções Executivas



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 7 – Funções de Informação dos Itens para as Funções Executivas



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Tabela 2 apresenta a proporção de acertos e a correlação ponto-bisserial dos itens, indicando sua capacidade discriminativa. Os itens com alta correlação ponto-bisserial foram capazes de diferenciar com precisão entre crianças de diferentes níveis de habilidade cognitiva, enquanto itens com correlações mais baixas desempenharam um papel mais básico, oferecendo uma visão geral das habilidades, mas com menor poder de discriminação.

Tabela 2 – Análise Psicométrica dos Itens com Base na TCT.

<b>Item</b>	<b>Proporção de Acertos</b>	<b>Correlação Ponto-Bisserial</b>
Pinte o macaco de verde	0.920	0.378
Pinte o pato de azul	0.850	0.451
Quem comeu a cenoura?	0.730	0.564
Quem se encontrou na floresta?	0.650	0.631
Quem brincou com o gato?	0.710	0.582
Ligue os animais iguais	0.550	0.672
Ligue o animal à comida	0.530	0.689
Ligue o animal à sombra	0.520	0.702
Leve a girafa à árvore grande	0.480	0.712
Encontre todas as tartarugas	0.680	0.598
Toque nas imagens da história	0.510	0.715

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

### 4.3 Discussão dos Resultados

Os resultados obtidos nas análises de confiabilidade e consistência interna, bem como nas análises detalhadas com a TRI, oferecem informações relevantes para o entendimento da eficácia do instrumento e seu potencial diagnóstico. Inicialmente, o coeficiente alpha de Cronbach, calculado em 0,812, indica que o instrumento possui alta consistência interna, o que reforça sua adequação para mensurar as habilidades cognitivas pretendidas.

Esse valor sugere que os itens do teste estão bem alinhados entre si e medem um constructo comum de maneira coesa. A consistência interna encontrada contribui para a confiabilidade dos resultados obtidos, essencial para que o instrumento seja utilizado em contextos clínicos e educacionais sem comprometer a precisão dos diagnósticos.

A pontuação média de acertos, registrada em 65,2%, com desvio padrão de 0,138,

indica uma distribuição de respostas relativamente concentrada em torno da média, sugerindo uma homogeneidade na habilidade cognitiva das crianças avaliadas. Essa homogeneidade pode ser interpretada como uma indicação de que o teste é apropriado para a amostra específica, mas também levanta a necessidade de explorar variações na população para garantir que o instrumento seja sensível a níveis de habilidade variados, especialmente em contextos de avaliação escolar com populações heterogêneas.

Em relação à análise detalhada dos itens pela TRI, os parâmetros de dificuldade (b) indicaram uma gama ampla de valores, variando desde itens simples, como “Pinte o macaco de verde” ( $b = -1,942$ ), até itens mais desafiadores, como “Leve a girafa à árvore grande” ( $b = 2,087$ ). Essa diversidade de dificuldades sugere que o instrumento é capaz de avaliar desde habilidades mais elementares até as mais complexas, o que é importante para uma avaliação abrangente das funções executivas. Esse aspecto é vantajoso para o diagnóstico, pois permite que o instrumento seja aplicado em grupos com diferentes níveis de proficiência e possibilita uma análise mais rica do desenvolvimento cognitivo em diversas fases da infância.

O parâmetro de discriminação (a) também revelou itens com capacidades diferenciadoras robustas, com valores que variam entre 0,705 e 1,795. Itens com alta discriminação, como “Toque nas imagens da história” ( $a = 1,795$ ), são particularmente úteis para diferenciar crianças de habilidades cognitivas distintas. Essa capacidade discriminativa é fundamental para identificar nuances no desenvolvimento das funções executivas, oferecendo um diagnóstico mais preciso sobre o perfil cognitivo das crianças. No entanto, itens com discriminação mais baixa podem indicar a necessidade de ajustes para aumentar sua capacidade de distinção, garantindo que contribuam efetivamente para o perfil geral de habilidades.

Além disso, os valores do parâmetro de acerto ao acaso (c), todos abaixo de 0,3, indicam uma baixa probabilidade de acertos casuais, o que reforça a validade do instrumento ao minimizar a interferência de acertos aleatórios nas inferências sobre o nível de habilidade das crianças. Essa característica é especialmente relevante para instrumentos aplicados a crianças, em que a compreensão e o engajamento variam significativamente entre idades e contextos.

As CCIs e as FIIs fornecem visualmente uma compreensão mais detalhada de como cada item contribui para o diagnóstico ao longo de diferentes níveis de habilidade. A informação fornecida pelos itens em diferentes faixas de habilidade é um indicativo

do potencial de precisão do instrumento em faixas específicas. Por exemplo, itens que apresentam maior quantidade de informação em níveis baixos de habilidade podem ser mais adequados para identificar dificuldades iniciais, enquanto itens informativos em níveis elevados são úteis para avaliar habilidades avançadas.

Por fim, a análise das proporções de acertos e da correlação ponto-bisserial dos itens revela que itens com alta correlação, como "Leve a girafa à árvore grande" (correlação = 0,712), possuem uma elevada capacidade discriminativa entre diferentes níveis de habilidade. Esses itens, com maior poder de discriminação, são essenciais para o perfilamento cognitivo preciso das crianças, enquanto itens com correlações mais baixas podem ser aprimorados para fortalecer o conjunto de avaliações oferecido pelo instrumento.

Em síntese, os resultados destacam o potencial do instrumento para avaliar as funções executivas de forma robusta e confiável, possibilitando um diagnóstico detalhado e seguro em populações infantis. A variação nos parâmetros dos itens, aliada às análises de consistência interna e precisão, aponta para uma estrutura psicométrica sólida, que pode ser ajustada e refinada com o objetivo de potencializar seu uso em diferentes contextos, incluindo diagnósticos clínicos, avaliações escolares e pesquisas científicas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa desenvolveu e validou um instrumento robusto para avaliar as funções executivas em crianças de 6 a 12 anos, utilizando as abordagens da TCT e TRI. A aplicação de 11 tarefas em uma amostra de 50 crianças forneceu resultados significativos, destacando-se os seguintes pontos:

- **QP1.** O instrumento apresentou uma consistência interna satisfatória, com um coeficiente alpha de Cronbach de 0,812, evidenciando alta confiabilidade na mensuração das habilidades cognitivas pretendidas. Esse nível de consistência interna indica que os itens estão bem alinhados e que o instrumento mede, de forma coesa, o constructo das funções executivas.
- **QP2.** A análise psicométrica dos itens pela TRI revelou uma variação tanto na dificuldade quanto na discriminação dos itens. As tarefas mais complexas mostraram-se particularmente eficazes para distinguir entre diferentes níveis de habilidade cognitiva, evidenciando o potencial do instrumento para identificar habilidades em crianças com diferentes perfis. Além disso, a análise da proporção de acertos e da correlação ponto-biserial confirmou a validade do instrumento. Embora o instrumento tenha se mostrado robusto, recomenda-se o ajuste de itens considerados mais fáceis para aprimorar ainda mais sua capacidade discriminativa e garantir uma avaliação mais precisa ao longo de toda a faixa de habilidades avaliadas.

O presente instrumento apresenta um potencial significativo para aplicação tanto em contextos educacionais quanto clínicos, podendo contribuir para o diagnóstico precoce e o acompanhamento do desenvolvimento das funções executivas em crianças. Contudo, há aspectos que podem ser aprimorados em estudos futuros.

Entre as principais limitações, destaca-se a necessidade de uma amostra mais diversa para validar a aplicabilidade do instrumento em diferentes contextos socioeconômicos e culturais. Estudos subsequentes poderão expandir a amostragem e incluir fatores como variáveis demográficas e influências ambientais, permitindo uma compreensão mais ampla dos fatores que impactam o desenvolvimento das funções executivas.

Além disso, recomenda-se o desenvolvimento de novos itens que capturem habilidades em níveis extremos, aprimorando a capacidade discriminativa do teste para

identificar tanto crianças com altas habilidades quanto aquelas em risco de atraso no desenvolvimento dessas competências. Outrossim, sugere-se a adoção de estudos longitudinais para monitorar a evolução das funções executivas, o que permitirá uma compreensão mais detalhada do desenvolvimento dessas habilidades e apoiará a definição de intervenções educacionais e terapêuticas eficazes.

Por fim, a inclusão de tecnologias adaptativas, como plataformas digitais, pode facilitar a aplicação do instrumento em larga escala e ampliar seu uso em contextos clínicos e educacionais, incentivando pesquisas futuras sobre o desenvolvimento das funções executivas e aprimorando ferramentas de apoio ao desenvolvimento cognitivo infantil.

## REFERÊNCIAS

- ABD-ALRAZAQ, A. et al. Effectiveness of serious games for improving executive functions among older adults with cognitive impairment: systematic review and meta-analysis. *JMIR Serious Games*, JMIR Publications Inc., Toronto, Canada, v. 10, n. 3, p. e36123, 2022. Citado na página 24.
- ABDULLAH, M. N. S.; KARPUDEWAN, M.; TANIMALE, B. M. Executive function of the brain and its influences on understanding of physics concept. *Trends in neuroscience and education*, Elsevier, v. 24, p. 100159, 2021. Citado na página 22.
- ALEXANDER, K. M. W.; O'HARA, K. M. D. *Promoting Regulation and Flexibility in Thinking: Development of Executive Function*. [S.l.]: Taylor & Francis, 2024. Citado na página 20.
- AMAYA, S. The science of self-control. *Notes*, v. 82, p. 121–128, 2020. Citado na página 19.
- AMUNTS, J. et al. Executive functions predict verbal fluency scores in healthy participants. *Scientific reports*, Nature Publishing Group UK London, v. 10, n. 1, p. 11141, 2020. Citado na página 14.
- ANTONOPOULOU, H. et al. Application of gamification tools for identification of neurocognitive and social function in distance learning education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, v. 21, n. 5, p. 367–400, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 26.
- ARAÚJO, A. L. S. O. et al. Metodologia de pesquisa em informática na educação: Abordagem quantitativa de pesquisa. In: \_\_\_\_\_. Porto Alegre: SBC, 2019. cap. Teoria de Resposta ao Item. Citado 6 vezes nas páginas 15, 16, 27, 28, 30 e 31.
- BADDELEY, A. *Exploring working memory: Selected works of Alan Baddeley*. [S.l.]: Routledge, 2017. Citado na página 21.
- BADDELEY, A. Working memory. In: *Memory*. [S.l.]: Routledge, 2020. p. 71–111. Citado na página 19.
- BADDELEY, A. D. Developing the concept of working memory: The role of neuropsychology. *Archives of Clinical Neuropsychology*, Oxford University Press, v. 36, n. 6, p. 861–873, 2021. Citado na página 19.
- BAKER, F. B. *The Basics of Item Response Theory*. [S.l.]: ERIC, 2001. Citado 3 vezes nas páginas 16, 27 e 29.

- BARTELT, V. L.; DENNIS, A. R. Managing attention: more mindful team decision-making. *European Journal of Information Systems*, Taylor & Francis, v. 33, n. 2, p. 161–180, 2024. Citado na página 21.
- BAUM, C. M.; WOLF, T. J. The executive function performance test. In: *Assessments in Occupational Therapy Mental Health*. [S.l.]: Routledge, 2024. p. 261–275. Citado na página 22.
- BENEDETTI, V. et al. Mouse tracking to explore motor inhibition processes in go/no-go and stop signal tasks. *Brain sciences*, MDPI, v. 10, n. 7, p. 464, 2020. Citado na página 24.
- BERARDI, A. et al. Evaluation instruments for executive functions in children and adolescents: a systematic review. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, Taylor & Francis, v. 21, n. 5, p. 885–896, 2021. Citado na página 23.
- BERG, V. A game-based online tool to measure cognitive functions in students. *International Journal of Serious Games*, v. 8, n. 1, p. 71–87, 2021. Citado na página 26.
- BONNECHÈRE, B.; LANGLEY, C.; SAHAKIAN, B. J. The use of commercial computerised cognitive games in older adults: a meta-analysis. *Scientific reports*, Nature Publishing Group UK London, v. 10, n. 1, p. 15276, 2020. Citado na página 25.
- BORGNIS, F. et al. Available virtual reality-based tools for executive functions: a systematic review. *Frontiers in Psychology*, Frontiers Media SA, v. 13, p. 833136, 2022. Citado na página 24.
- BRANDÃO, H. M. de L.; GUEDES, L. G. de R. et al. Analysis of student's proficiency evaluation model for adaptative testing. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 3, p. 10608–10620, 2020. Citado na página 30.
- BRAUNER, P. et al. A computer science perspective on digital transformation in production. *ACM Transactions on Internet of Things*, ACM New York, NY, v. 3, n. 2, p. 1–32, 2022. Citado na página 21.
- BURMAN, D. D. Normal alert consciousness: A central executive model of hippocampal function. In: *Normal Alert Consciousness-A Central Executive Model of Hippocampal Function*. [S.l.]: IntechOpen, 2023. Citado na página 21.
- BUSTAMANTE, J. C.; NAVARRO, J.-J. Technological tools for the intervention and computerized dynamic assessment of executive functions. In: *Handbook of Research on Neurocognitive Development of Executive Functions and Implications for Intervention*. [S.l.]: IGI Global, 2022. p. 310–339. Citado na página 15.

- CANTOR, P. et al. Malleability, plasticity, and individuality: How children learn and develop in context 1. In: *The science of learning and development*. [S.l.]: Routledge, 2021. p. 3–54. Citado na página 13.
- CATTONI, A. et al. The use of gamification for the improvement of reading and writing abilities and motivation in children with typical development and children with specific learning disorders. Università degli studi di Trento, 2022. Citado na página 15.
- CHAPMAN, R. Expected a posteriori scoring in promis®. *Journal of Patient-Reported Outcomes*, Springer, v. 6, n. 1, p. 59, 2022. Citado na página 31.
- CHEN, Y.; DING, Z. Effects of digitalization in preschool education on the creative and cognitive development of children. *Education and Information Technologies*, Springer, p. 1–25, 2024. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.
- CHENG, C.; CHAU, C.-I. Gamification-based intervention for enhancing team effectiveness and coping flexibility: Randomized controlled trial. *Frontiers in Psychiatry*, Frontiers Media SA, v. 13, p. 941252, 2022. Citado na página 26.
- CHOI, E. et al. Commercial video games and cognitive functions: video game genres and modulating factors of cognitive enhancement. *Behavioral and Brain Functions*, Springer, v. 16, p. 1–14, 2020. Citado na página 25.
- CHRISTOPOULOS, A.; MYSTAKIDIS, S. Gamification in education. *Encyclopedia*, MDPI, v. 3, n. 4, p. 1223–1243, 2023. Citado na página 26.
- COOPER-KAHN, J.; DIETZEL, L. *Late, lost, and unprepared: A parents' guide to helping children with executive functioning*. [S.l.]: Taylor & Francis, 2024. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 20.
- COWAN, N. The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why? *Current directions in psychological science*, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 19, n. 1, p. 51–57, 2010. Citado na página 21.
- CRISTOFORI, I.; COHEN-ZIMERMAN, S.; GRAFMAN, J. Executive functions. *Handbook of clinical neurology*, Elsevier, v. 163, p. 197–219, 2019. Citado na página 18.
- DEMERS, L. A. et al. Impact of childhood maltreatment and resilience on behavioral and neural patterns of inhibitory control during emotional distraction. *Development and psychopathology*, Cambridge University Press, v. 34, n. 4, p. 1260–1271, 2022. Citado na página 18.

- DENHAM, S. A. et al. Key considerations in assessing young children's emotional competence. In: *Social and emotional learning*. [S.l.]: Routledge, 2020. p. 27–45. Citado na página 14.
- DIAMOND, A. Executive functions. In: *Handbook of clinical neurology*. [S.l.]: Elsevier, 2020. v. 173, p. 225–240. Citado 6 vezes nas páginas 13, 14, 18, 20, 23 e 26.
- DONG, Y.; LI, P. Attentional control in interpreting: A model of language control and processing control. *Bilingualism: Language and Cognition*, Cambridge University Press, v. 23, n. 4, p. 716–728, 2020. Citado na página 21.
- DUGGAL, K.; SINGH, P.; GUPTA, L. R. Impact of gamification, games, and game elements in education. In: SPRINGER. *Innovations in Information and Communication Technologies (IICT-2020) Proceedings of International Conference on ICRIHE-2020, Delhi, India: IICT-2020*. [S.l.], 2021. p. 201–210. Citado na página 26.
- FILIFE, M. G.; VELOSO, A. S.; FROTA, S. Executive functions and language skills in preschool children: The unique contribution of verbal working memory and cognitive flexibility. *Brain Sciences*, MDPI, v. 13, n. 3, p. 470, 2023. Citado na página 18.
- FRANCESCHINI, S. et al. Short-term effects of video-games on cognitive enhancement: The role of positive emotions. *Journal of Cognitive Enhancement*, Springer, p. 1–18, 2022. Citado na página 25.
- FRANCISCO, L. M. *Cognitive Cues of Pathological Aging*. Tese (Doutorado) — PUC-Rio, 2020. Citado na página 23.
- FRIEDMAN, N. P.; ROBBINS, T. W. The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, Springer International Publishing Cham, v. 47, n. 1, p. 72–89, 2022. Citado na página 22.
- GUERRA, A. et al. Assessing executive functions in brazilian children: A critical review of available tools. *Applied Neuropsychology: Child*, Taylor & Francis, v. 11, n. 2, p. 184–196, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 23.
- GUNZENHAUSER, C.; NÜCKLES, M. Training executive functions to improve academic achievement: Tackling avenues to far transfer. *Frontiers in Psychology*, Frontiers Media SA, v. 12, p. 624008, 2021. Citado na página 26.
- HALEEM, A. et al. Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable operations and computers*, Elsevier, v. 3, p. 275–285, 2022. Citado na página 24.

- HENDEL, R. J. A multi-disciplinary cybernetic approach to pedagogic excellence. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, v. 21, n. 4, p. 34–41, 2023. Citado na página 20.
- HUANG, K.-T. Exergaming executive functions: An immersive virtual reality-based cognitive training for adults aged 50 and older. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, Mary Ann Liebert, Inc., publishers 140 Huguenot Street, 3rd Floor New . . . , v. 23, n. 3, p. 143–149, 2020. Citado na página 25.
- HÜTTER, M.; ROTHERMUND, K. *Automatic processes in evaluative learning*. [S.l.]: Taylor & Francis, 2020. 1–20 p. Citado na página 21.
- JAFFE, R. J.; CONSTANTINIDIS, C. Working memory: from neural activity to the sentient mind. *Comprehensive Physiology*, NIH Public Access, v. 11, n. 4, p. 2547, 2021. Citado na página 19.
- JIANG, Y. et al. A multidimensional irt model for ability-item-based guessing: the development of a two-parameter logistic extension model. *Communications in statistics-simulation and computation*, Taylor & Francis, v. 53, n. 7, p. 3068–3080, 2024. Citado na página 30.
- JUTIN, N. T.; MAAT, S. M. B. The effectiveness of gamification in teaching and learning mathematics: a systematic literature review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, v. 13, n. 1, 2024. Citado na página 25.
- KANG, W. et al. Inhibitory control development: a network neuroscience perspective. *Frontiers in psychology*, Frontiers Media SA, v. 13, p. 651547, 2022. Citado na página 18.
- KANLI, E. Assessment of creativity: theories and methods. *Creativity-A Force to Innovation*, IntechOpen, 2020. Citado na página 29.
- KERN, J. L.; CHOE, E. Using a response time-based expected a posteriori estimator to control for differential speededness in computerized adaptive test. *Applied Psychological Measurement*, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 45, n. 5, p. 361–385, 2021. Citado na página 31.
- KHALEGHI, A.; AGHAEI, Z.; MAHDAVI, M. A. A gamification framework for cognitive assessment and cognitive training: qualitative study. *JMIR serious games*, JMIR Publications Toronto, Canada, v. 9, n. 2, p. e21900, 2021. Citado na página 25.
- KISS, A. N. et al. Ceo cognitive flexibility, information search, and organizational ambidexterity. *Strategic Management Journal*, Wiley Online Library, v. 41, n. 12, p. 2200–2233, 2020. Citado na página 19.

- KORZENIOWSKI, C. G. et al. Improving executive functions in elementary schoolchildren. *Eurasian Society of Educational Research*, 2020. Citado na página 20.
- LANGÉARD, A.; TORRE, M. M.; TEMPRADO, J.-J. A dual-task paradigm using the oral trail making test while walking to study cognitive-motor interactions in older adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, Frontiers Media SA, v. 13, p. 712463, 2021. Citado na página 23.
- LIESA-ORÚS, M. et al. The technological challenge facing higher education professors: Perceptions of ict tools for developing 21st century skills. *Sustainability*, MDPI, v. 12, n. 13, p. 5339, 2020. Citado na página 24.
- LIETO, A. *Cognitive design for artificial minds*. [S.l.]: Routledge, 2021. Citado na página 20.
- LUO, Z. Gamification for educational purposes: What are the factors contributing to varied effectiveness? *Education and Information Technologies*, Springer, v. 27, n. 1, p. 891–915, 2022. Citado na página 25.
- MARKUS, A. *Two in One Brain: Interhemispheric Aspects of the Supervisory Attentional System Model*. Tese (Doutorado) — University of Haifa (Israel), 2020. Citado na página 21.
- MARTÍN-SÓMER, M.; CASADO, C.; GÓMEZ-POZUELO, G. Utilising interactive applications as educational tools in higher education: Perspectives from teachers and students, and an analysis of academic outcomes. *Education for Chemical Engineers*, Elsevier, v. 46, p. 1–9, 2024. Citado na página 24.
- MENON, V.; D'ESPOSITO, M. The role of pfc networks in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology*, Springer International Publishing Cham, v. 47, n. 1, p. 90–103, 2022. Citado na página 22.
- MILES, S. et al. Considerations for using the wisconsin card sorting test to assess cognitive flexibility. *Behavior research methods*, Springer, v. 53, n. 5, p. 2083–2091, 2021. Citado na página 23.
- MORON, V. B. et al. Executive functions, motor development, and digital games applied to elementary school children: A systematic mapping study. *Education Sciences*, MDPI, v. 12, n. 3, p. 164, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 24.
- MUNAKATA, Y.; MICHAELSON, L. E. Executive functions in social context: Implications for conceptualizing, measuring, and supporting developmental trajectories. *Annual Review of Developmental Psychology*, Annual Reviews, v. 3, n. 1, p. 139–163, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 20.

NEJATI, V.; LEHMANN, J.; JANSEN, P. Diversity in perceptual, social, and executive functions in preschoolers from germany and iran. *Scientific Reports*, Nature Publishing Group UK London, v. 14, n. 1, p. 24007, 2024. Citado na página 22.

NIETO-ESCAMEZ, F. A.; ROLDÁN-TAPIA, M. D. Gamification as online teaching strategy during covid-19: A mini-review. *Frontiers in psychology*, Frontiers Media SA, v. 12, p. 648552, 2021. Citado na página 25.

NURBEKOVA, Z. et al. Project-based learning approach for teaching mobile application development using visualization technology. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, International Journal of Emerging Technology in Learning, v. 15, n. 8, p. 130–143, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.

OBADA, D. O. et al. Teaching bioengineering using a blended online teaching and learning strategy: a new pedagogy for adapting classrooms in developing countries. *Education and Information Technologies*, Springer, v. 28, n. 4, p. 4649–4672, 2023. Citado na página 24.

PASQUALI, L. *Psicometria: Teoria dos Testes na Psicologia e na Educação*. [S.l.]: Editora Vozes Limitada, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 27, 30 e 32.

PASQUALOTTO, A. et al. Enhancing reading skills through a video game mixing action mechanics and cognitive training. *Nature human behaviour*, Nature Publishing Group UK London, v. 6, n. 4, p. 545–554, 2022. Citado na página 25.

PASQUALOTTO, A. et al. Effects of cognitive training programs on executive function in children and adolescents with autism spectrum disorder: a systematic review. *Brain sciences*, MDPI, v. 11, n. 10, p. 1280, 2021. Citado na página 20.

PERIÁÑEZ, J. A. et al. Construct validity of the stroop color-word test: influence of speed of visual search, verbal fluency, working memory, cognitive flexibility, and conflict monitoring. *Archives of Clinical Neuropsychology*, Oxford University Press, v. 36, n. 1, p. 99–111, 2021. Citado na página 23.

POLAT, M. Comparison of performance measures obtained from foreign language tests according to item response theory vs classical test theory. *International Online Journal of Education and Teaching*, ERIC, v. 9, n. 1, p. 471–485, 2022. Citado na página 29.

POSTLE, B. R.; OBERAUER, K. *Working memory*. [S.l.]: Oxford Univ. Press. In press Oxford, UK, 2022. Citado na página 19.

PREISS, D. D. Metacognition, mind wandering, and cognitive flexibility: Understanding creativity. *Journal of Intelligence*, MDPI, v. 10, n. 3, p. 69, 2022. Citado na página 19.

PRIMI, R. Psicometria: Fundamentos matemáticos da teoria clássica dos testes. *Avaliação Psicológica*, Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica, v. 11, n. 2, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 27.

RAHAYUNINGSIH, S.; SIRAJUDDIN, S.; NASRUN, N. Cognitive flexibility: Exploring students' problem-solving in elementary school mathematics learning. *Journal of Research and Advances in Mathematics Education*, ERIC, v. 6, n. 1, p. 59–70, 2021. Citado na página 18.

REYNALDO, C. et al. Using video games to improve capabilities in decision making and cognitive skill: A literature review. *Procedia Computer Science*, Elsevier, v. 179, p. 211–221, 2021. Citado na página 25.

ROBLEDO-CASTRO, C.; CASTILLO-OSSA, L. F.; CORCHADO, J. M. Artificial cognitive systems applied in executive function stimulation and rehabilitation programs: a systematic review. *Arabian journal for science and engineering*, Springer, v. 48, n. 2, p. 2399–2427, 2023. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 26.

ROZHENKO, O. D. et al. Gamification of education as an addition to traditional educational technologies at the university. In: *CEUR workshop proceedings*. [S.l.: s.n.], 2021. v. 2914, p. 457–464. Citado na página 25.

RUFFINI, C.; BEI, E.; PECINI, C. Socio-emotional behavior, learning, and the distinct contributions of executive functions in primary graders. *European Journal of Psychology of Education*, Springer, p. 1–25, 2024. Citado na página 19.

SAILER, M.; HOMNER, L. The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational psychology review*, Springer, v. 32, n. 1, p. 77–112, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 26.

SALEEM, A. N.; NOORI, N. M.; OZDAMLI, F. Gamification applications in e-learning: A literature review. *Technology, Knowledge and Learning*, Springer, v. 27, n. 1, p. 139–159, 2022. Citado na página 24.

SANDOVAL-HENRÍQUEZ, F. J.; BADILLA-QUINTANA, M. G. Measuring stimulation and cognitive reactions in middle schoolers after using immersive technology: Design and validation of the tinmer questionnaire. *Computers & Education*, Elsevier, v. 166, p. 104157, 2021. Citado na página 25.

SARRO, R. D. et al. Profiling planning skills and cognitive flexibility of adults with autism spectrum disorders: Preliminary results from an exploratory service-based study. *International Journal of Developmental Disabilities*, Taylor & Francis, v. 68, n. 5, p. 651–657, 2022. Citado na página 23.

SCHIRMBECK, K.; RAO, N.; MAEHLER, C. Similarities and differences across countries in the development of executive functions in children: A systematic review. *Infant and Child Development*, Wiley Online Library, v. 29, n. 1, p. e2164, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 22.

SHAH, A. *Executive Function, Dysfunction and Solutions: A Review*. Tese (Doutorado) — Alliant International University, 2024. Citado na página 19.

SHWARTZ, S. K. et al. The behavior rating inventory of executive function®-adult version is related to emotional distress, not executive dysfunction, in a veteran sample. *Archives of Clinical Neuropsychology*, Oxford University Press, v. 35, n. 6, p. 701–716, 2020. Citado na página 24.

SONG, H.; YI, D.-J.; PARK, H.-J. Validation of a mobile game-based assessment of cognitive control among children and adolescents. *Plos one*, Public Library of Science San Francisco, CA USA, v. 15, n. 3, p. e0230498, 2020. Citado na página 24.

SOUISSI, S.; CHAMARI, K.; BELLAJ, T. Assessment of executive functions in school-aged children: A narrative review. *Frontiers in psychology*, Frontiers Media SA, v. 13, p. 991699, 2022. Citado na página 14.

SOUZA, B. C. S. d. et al. Verbal fluency of younger and older adults from the federal district: proposed normative values. *Audiology-Communication Research*, SciELO Brasil, v. 25, p. e2315, 2020. Citado na página 23.

SPIEGEL, J. A. et al. Relations between executive functions and academic outcomes in elementary school children: A meta-analysis. *Psychological bulletin*, American Psychological Association, v. 147, n. 4, p. 329, 2021. Citado na página 20.

TAKAYANAGI, M. et al. Review of cognitive characteristics of autism spectrum disorder using performance on six subtests on four versions of the wechsler intelligence scale for children. *Journal of autism and developmental disorders*, Springer, v. 52, n. 1, p. 240–253, 2022. Citado na página 23.

TARCHI, C.; RUFFINI, C.; PECINI, C. The contribution of executive functions when reading multiple texts: a systematic literature review. *Frontiers in psychology*, Frontiers Media SA, v. 12, p. 716463, 2021. Citado na página 22.

UDDIN, L. Q. Cognitive and behavioural flexibility: neural mechanisms and clinical considerations. *Nature Reviews Neuroscience*, Nature Publishing Group UK London, v. 22, n. 3, p. 167–179, 2021. Citado na página 19.

VANBECELAERE, S. et al. The effects of two digital educational games on cognitive and non-cognitive math and reading outcomes. *Computers & Education*, Elsevier, v. 143, p. 103680, 2020. Citado na página 25.

- VEDECHKINA, M.; BORGONOV, F. A review of evidence on the role of digital technology in shaping attention and cognitive control in children. *Frontiers in Psychology*, Frontiers Media SA, v. 12, p. 611155, 2021. Citado na página 25.
- VIEIRA, K. M.; JÚNIOR, F.; POTRICH, A. C. G. Measuring financial literacy: Proposition of an instrument based on the item response theory. *Ciência E Nat*, v. 42, p. 38, 2020. Citado na página 30.
- WANG, G. et al. Game-based brain training for improving cognitive function in community-dwelling older adults: A systematic review and meta-regression. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, Elsevier, v. 92, p. 104260, 2021. Citado na página 25.
- WICKENS, C. Attention: Theory, principles, models and applications. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Taylor & Francis, v. 37, n. 5, p. 403–417, 2021. Citado na página 21.
- WIDROW, B. *Cybernetics 2.0: A General Theory of Adaptivity and Homeostasis in the Brain and in the Body*. [S.l.]: Springer Nature, 2022. v. 14. Citado na página 20.
- WOLCOTT, M. D.; OLSEN, A. A.; AUGUSTINE, J. M. Item response theory in high-stakes pharmacy assessments. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, Elsevier, v. 14, n. 9, p. 1206–1214, 2022. Citado na página 28.
- YANAOKA, K. et al. The power of cultural habits: The role of effortless control in delaying gratification. *Current Opinion in Psychology*, Elsevier, p. 101903, 2024. Citado na página 19.
- ZAMZOW, J.; ERNST, J. Supporting school readiness naturally: Exploring executive function growth in nature preschools. *International Journal of Early Childhood Environmental Education*, ERIC, v. 7, n. 2, p. 6–16, 2020. Citado na página 23.
- ZELAZO, P. D. Executive function and psychopathology: A neurodevelopmental perspective. *Annual review of clinical psychology*, Annual Reviews, v. 16, n. 1, p. 431–454, 2020. Citado na página 22.
- ZELAZO, P. D.; CARLSON, S. M. The neurodevelopment of executive function skills: Implications for academic achievement gaps. *Psychology & Neuroscience*, Educational Publishing Foundation, v. 13, n. 3, p. 273, 2020. Citado 4 vezes nas páginas 13, 14, 19 e 20.
- ZELAZO, P. D. et al. Hot executive function: Emotion and the development of cognitive control. American Psychological Association, 2024. Citado na página 26.

ZHANG, S.-Y. et al. Adult adhd, executive function, depressive/anxiety symptoms, and quality of life: A serial two-mediator model. *Journal of affective disorders*, Elsevier, v. 293, p. 97–108, 2021. Citado na página 20.

ZHU, T.; HAUGEN, S.; LIU, Y. Risk information in decision-making: definitions, requirements and various functions. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Elsevier, v. 72, p. 104572, 2021. Citado na página 21.

ZINK, N.; LENARTOWICZ, A.; MARKETT, S. A new era for executive function research: On the transition from centralized to distributed executive functioning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Elsevier, v. 124, p. 235–244, 2021. Citado na página 21.