

Desenvolvimento de um Sistema De Métricas Backend para Acompanhamento do Desenvolvimento de Habilidades Matemáticas em Crianças com Deficiência Intelectual através de Jogos Sérios

[Matheus S. Lara, Rosilane R. da Mota] ¹

¹ Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG)

Abstract. *This work involved the development of a report management system that can be used by experts to measure and track the progress of children with intellectual disabilities during the process of training and development of mathematical skills using serious games. The system is implemented in the backend using software development techniques and data analysis, focusing on the Tau-u technique. In this study, after evaluating the performance of 11 students against the parameters of spatial notions and property comparison, it was possible to observe the effectiveness of the system. It is hoped that this work can provide a significant contribution to inclusive education and the development of mathematical skills.*

Resumo. *Este trabalho consistiu no desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de relatórios que possam ser utilizados por especialistas, para mensurar e acompanhar a evolução de crianças com deficiência intelectual durante o processo de treinamento e desenvolvimento de habilidades matemáticas utilizando jogos sérios. A implementação do sistema se dá pelo backend utilizando técnicas de desenvolvimento de software e análise de dados, focando na técnica Tau-u. Neste estudo, após avaliar o desempenho de 11 estudantes frente aos parâmetros de noções espaciais e comparação de propriedades, foi possível observar a eficácia do sistema. Espera-se que, este trabalho, possa fornecer uma contribuição significativa para a educação inclusiva e o desenvolvimento de habilidades matemáticas.*

1. Introdução

A deficiência intelectual (DI) é um transtorno crônico, com início na infância [Association 2013], cuja prevalência estimada varia entre 1 e 4 em escala global [Schalock et al. 2009]. Esse transtorno é caracterizado por prejuízos na habilidade cognitiva, inteligência e em comportamento adaptativo [Association 2013]. A inteligência é compreendida como a capacidade geral de abstração, raciocínio lógico, aprendizado pela experiência e resolução de problemas [Deary et al. 2010]. O comportamento adaptativo se refere à capacidade de atingir um desempenho, coerente com a idade cronológica, em diversas áreas da vida [Schalock et al. 2009]. Adicionalmente, podem ser observados déficits em outras funções mentais, como atenção [Deutsch et al. 2008], memória [Edgin et al. 2010] e funções executivas [Danielsson et al. 2010]. O perfil de dificuldades decorrentes do transtorno impacta o desenvolvimento de habilidades conceituais, práticas e sociais [Association 2013].

A identificação precoce da DI, seguida pela estimulação das dificuldades inerentes ao quadro, pode influenciar positivamente o desenvolvimento, proporcionando um prognóstico melhor na vida adulta. A intensidade da exposição ao tratamento e as áreas de estimulação variam de acordo com o perfil individual de prejuízos e a gravidade do quadro, que pode variar de leve a profundo [Guralnick 2016].

Torna-se possível, com a tecnologia atual, a criação de diversas soluções digitais para auxiliar no tratamento da DI, fornecendo soluções práticas, acessíveis e divertidas para crianças sempre que necessário [Santos 2017, Saridaki and Mourlas 2014]. No entanto, soluções baseadas em evidências sob a perspectiva da Neuropsicologia e das práticas de Saúde baseadas em evidências ainda são escassas [Braun 2020].

Trabalhos anteriores implementaram jogos sérios no ambiente educacional, apresentando resultados positivos tanto para alunos quanto para professores. Isso evidencia a relevância de estudar e implementar tais soluções com o objetivo de melhorar a vida de indivíduos com DI [Saridaki and Mourlas 2014, Dutra 2021]. Contudo, também se faz crucial considerar a importância do design de interface e da acessibilidade durante o uso dos jogos e aplicativos para um entendimento e utilização adequados, especialmente para atender a indivíduos com DI, cada um com suas habilidades específicas. Devido à alta diversidade dessa comorbidade, atender a todas as necessidades se torna uma tarefa complexa [Braun 2020].

Inserido em um projeto baseado na pesquisa de [Gomes and Mota 2022] que utiliza uma base metodológica construída em conjunto com uma pedagoga e uma neuropsicóloga com o objetivo de implementar uma ferramenta para medir o grau de déficit intelectual de uma criança, utilizando especificamente módulos matemáticos. Para definir estes módulos, utilizou-se uma escala da Base Nacional Comum Curricular [EDUCAÇÃO 2018] e do *checklist* do Modelo Denver de Intervenção Precoce [Rogers and Dawson 2014].

O projeto de [Gomes and Mota 2022] tem como objetivo promover o ensino e o progresso de crianças com DI durante o processo de treinamento e desenvolvimento de habilidades matemáticas por meio dos jogos desenvolvidos. Atualmente, a estimulação de habilidades espaciais e a comparação de propriedades são abordadas nos jogos.

Portanto, um dos desafios enfrentados pelo projeto de [Gomes and Mota 2022] é avaliar a efetividade dos jogos criados para atingir esse objetivo. Para obter um melhor entendimento da eficácia dos jogos, torna-se necessário resolver essa questão, coletando dados de maneira sistemática com o intuito de avaliar e mensurar os resultados das intervenções proporcionadas pelos jogos digitais desenvolvidos no projeto.

Assim, esse trabalho foi desenvolvido para solução deste problema enfrentado no projeto de [Gomes and Mota 2022], os objetivos específicos deste trabalho incluem a criação de um sistema *backend* (parte do sistema que lida com a lógica de coleta de dados, processamento e cálculo de métricas) para a coleta de dados, o processamento e o cálculo de métricas, além do desenvolvimento de um sistema para visualização dos dados coletados.

Para isso, o presente trabalho desenvolveu um sistema *backend* para a coleta de dados dos jogadores, permitindo uma análise quantitativa das interações das crianças com os jogos, implementando um método de processamento desses dados, gerando métricas

que possam ser usadas para avaliar o progresso dos jogadores, além de ter criado uma interface de visualização de dados que permite a especialistas na área acompanhar o desempenho dos jogadores e avaliar a eficácia das intervenções.

Espera-se que este trabalho contribua para a educação inclusiva, auxiliando especialistas a medir a evolução de crianças com DI no desenvolvimento de habilidades matemáticas através de jogos lúdicos e a acompanhar seu progresso por meio de métricas específicas e relatórios gerados pela API de *backend*.

2. Trabalhos Relacionados

Foi realizado um estudo que investiga a eficácia da técnica de análise de pesquisa de caso único Tau-U, proposta por [Parker et al. 2011b]. Este método, que combina não sobreposição de valores e tendência dos dados, foi observado por fornecer uma análise mais robusta. A consideração das tendências nos dados, aspecto incorporado pelo Tau-U, revelou-se significativa na análise de pesquisas de caso único. Outra característica relevante do Tau-U é a maneira como lida com possíveis empates nos dados. O trabalho de Parker e colaboradores oferece uma descrição detalhada de como calcular o Tau-U, além de oferecer orientações valiosas para a interpretação dos resultados.

De acordo com [Parker et al. 2011a], o Tau-U se sobressai entre nove técnicas de não sobreposição que são frequentemente usadas para calcular o tamanho do efeito em pesquisas de caso único em comparação a elas o Tau-U se mostrou efetivo. A necessidade de considerar a tendência dos dados ao calcular a estatística Tau-U é enfatizada, visto que a presença de tendências pode influenciar a medida do efeito de maneira significativa. As limitações dessas técnicas também são discutidas no artigo, e recomendações para o uso adequado de cada uma são apresentadas.

Em um trabalho de [Vannest and Ninci 2015], destaca-se o Tau-U como uma técnica estatística relevante para a avaliação da eficácia de intervenções ao longo do tempo em designs de pesquisa de caso único. A discussão salienta que o ajuste para sobreposição no cálculo do Tau-U melhora a precisão desta estatística. Desse modo, a análise dos efeitos de uma intervenção se torna mais confiável. O artigo oferece uma fonte rica de informações sobre como utilizar o Tau-U para avaliar e interpretar os efeitos de uma intervenção em designs de caso único, abordando limitações e fornecendo recomendações para seu uso correto.

[Bulté and Onghena 2018] exploram o uso dos coeficientes de correlação Tau de Kendall e Tau-U como medidas de efeito em designs experimentais de caso único. O artigo discute a importância desses coeficientes para avaliar a mudança de comportamento de um participante individual ao longo do tempo. Além disso, fornece exemplos de como interpretar os valores de Tau e Tau-U em diferentes contextos experimentais, discute as limitações desses coeficientes e oferece recomendações para seu uso adequado na análise de dados de designs experimentais de caso único.

[Guralnick 2016] ressalta a importância da intervenção precoce no tratamento de crianças com deficiência intelectual. O autor revisa os avanços recentes na área de intervenções precoces e destaca o impacto positivo que essas intervenções podem ter no desenvolvimento e nos resultados na vida adulta de indivíduos com deficiência intelectual. É enfatizado que as abordagens de tratamento devem ser adaptadas de acordo com

a gravidade da deficiência intelectual, reforçando a ineficácia de uma abordagem única para todos. Este trabalho fornece uma perspectiva valiosa sobre o campo de intervenção precoce para a deficiência intelectual.

3. Metodologia

No contexto do desenvolvimento e análise de intervenções lúdicas voltadas para crianças com DI, optou-se por uma metodologia sistemática, conjugando práticas de desenvolvimento de *software* com técnicas de análise de dados, enfatizando a utilização da análise Tau-U.

Iniciou-se com um levantamento bibliográfico aprofundado, buscando uma compreensão integral do campo de atuação. Esse passo possibilitou a identificação de práticas aconselháveis, teorias relevantes e lacunas na literatura existente. Após essa etapa, passou-se para a análise de requisitos, buscando compreender as necessidades específicas do público-alvo e convertê-las em funcionalidades do sistema.

O processo de implementação envolveu a utilização de tecnologias como Java17, Spring 3.1.0 e PostgreSQL.

Nesta pesquisa, desenvolveu-se um sistema de gerenciamento de relatórios que possibilitou medir e acompanhar a evolução das crianças com DI durante o processo de treinamento e desenvolvimento de habilidades matemáticas em jogos sérios específicos ao projeto, que englobaram todos os jogos dos módulos concebidos para estimulação das habilidades espaciais e comparação de propriedades.

Dentre as técnicas de análise de dados empregadas, destacou-se a análise Tau-U, uma ferramenta estatística robusta utilizada para medir a eficácia de uma intervenção em um desenho de caso único [Parker et al. 2011a]. Neste contexto, a intervenção referiu-se à aplicação de jogos sérios como um tratamento para o DI.

3.1. Coleta de dados

Os dados foram obtidos diretamente das sessões de jogo das crianças, através de um *endpoint* que recebe as métricas. As informações coletadas abrangeram: a habilidade que era exercitada no jogo, o nível de dificuldade do jogo, a plataforma utilizada para jogar, os acertos e erros da criança durante a sessão de jogo. Adicionalmente, o tempo total despendido pela criança em cada sessão também foi registrado.

3.2. Diferenciação das Condições de Jogo

As condições de jogo foram categorizadas em "adequadas" e "não adequadas", levando em conta vários fatores observáveis e relatados. Definiram-se as condições adequadas como aquelas nas quais a criança jogou sem estresse prévio, sentindo-se bem e sem interrupções externas. As condições não adequadas, por outro lado, foram aquelas em que se notou que a criança estava sob estresse, não se sentia bem ou foi interrompida durante o jogo.

3.3. Análise de Dados e Geração de Relatórios

Os dados coletados foram processados para calcular várias métricas. Estas métricas incluíam a média de acertos e erros e o tempo médio gasto em cada sessão de jogo. Para uma análise mais aprofundada, foi calculada uma métrica estatística conhecida como Tau-U para acertos e erros. O Tau-U é uma medida estatística que avalia a eficácia de uma

intervenção ao longo do tempo, fornecendo uma visão valiosa da taxa de progresso da criança.

As informações foram então compiladas em um relatório em PDF gerado automaticamente pelo sistema. Cada relatório começava com um cabeçalho contendo detalhes pessoais da criança, como nome, data de nascimento e diagnóstico ou hipóteses diagnósticas. Para cada habilidade e nível de dificuldade, criou-se uma seção detalhada que mostrava todas as métricas calculadas para condições de jogo adequadas e inadequadas. Em seguida, apresentaram-se gráficos de linha que representavam a evolução do Tau-U de acertos e erros para condições adequadas e inadequadas ao longo do tempo, permitindo visualizar a trajetória de progresso da criança.

O relatório concluía com um resumo explicativo sobre o significado e a importância do Tau-U, bem como uma explicação das condições de jogo adequadas e inadequadas. Este resumo permitiu que pessoas não familiarizadas com essas métricas compreendessem completamente o relatório.

Dessa forma, o sistema desenvolvido forneceu uma ferramenta para monitorar o progresso das crianças, constituindo uma base importante para o acompanhamento e a análise da evolução da criança por profissionais de saúde e responsáveis.

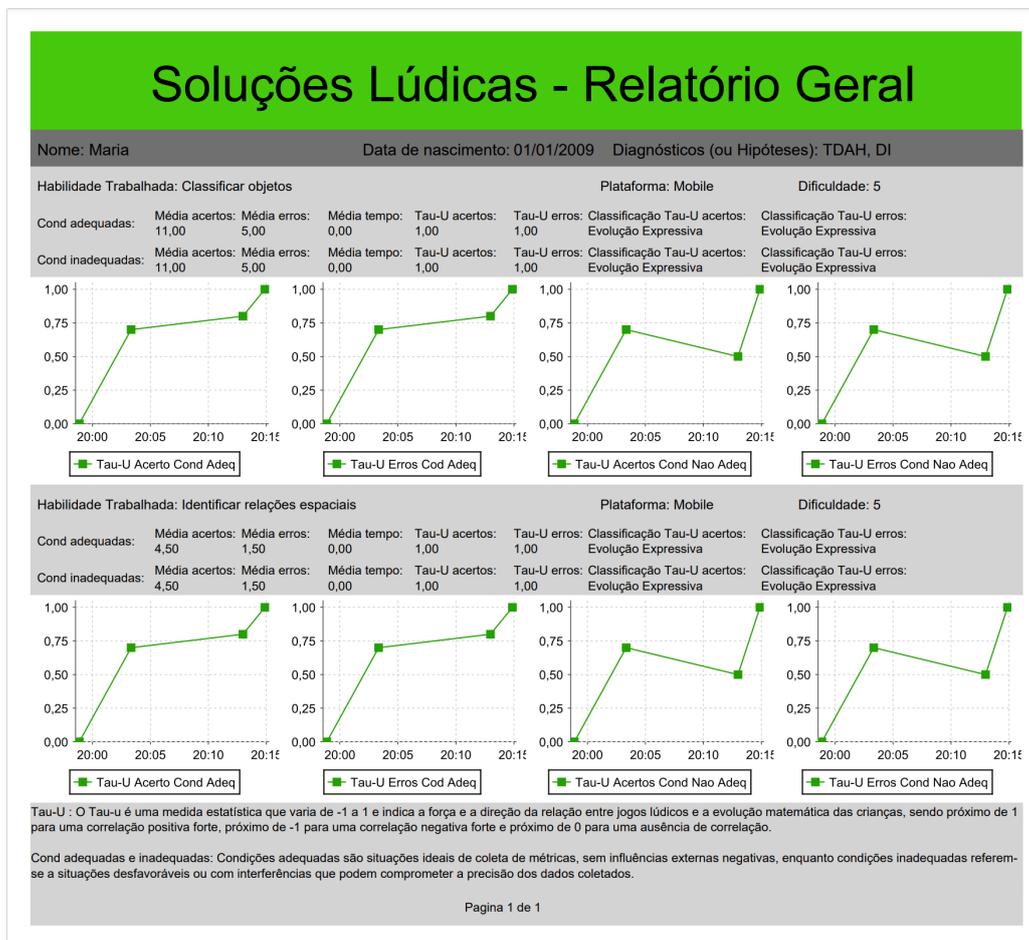
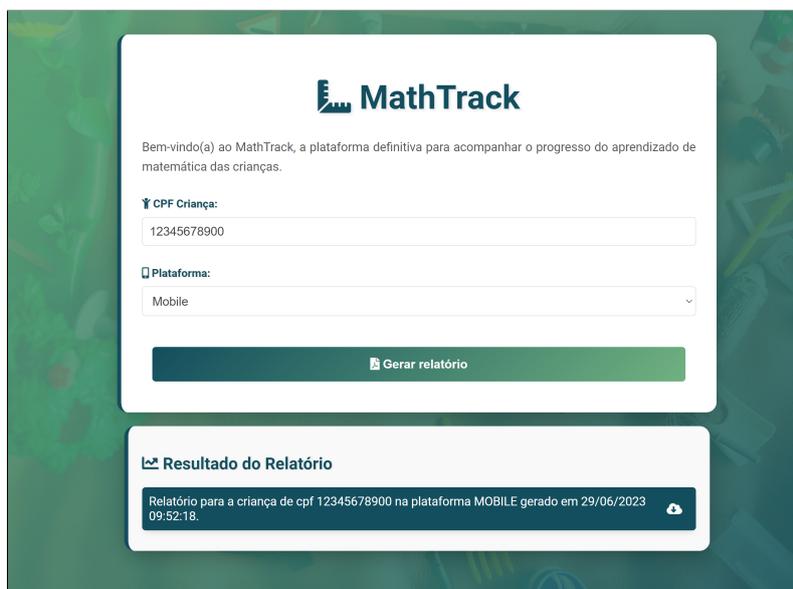


Figura 1. Relatório de exemplo gerado

3.4. Interface *WEB* para acesso

Foi desenvolvida uma interface *web* para geração dos relatórios. Essa interface permitiu que o especialista ou responsável gerasse o relatório atual da criança, utilizando seu CPF como identificador e selecionando a plataforma desejada, *Mobile* ou Realidade Virtual. Após a geração, a interface oferecia a opção de realizar o *download* do relatório gerado em PDF.



The screenshot shows the MathTrack web interface. At the top, the MathTrack logo is displayed. Below the logo, a welcome message reads: "Bem-vindo(a) ao MathTrack, a plataforma definitiva para acompanhar o progresso do aprendizado de matemática das crianças." The interface includes a form with two input fields: "CPF Criança:" with the value "12345678900" and "Plataforma:" with a dropdown menu set to "Mobile". A green button labeled "Gerar relatório" is positioned below the form. Below the form, a section titled "Resultado do Relatório" displays a notification: "Relatório para a criança de cpf 12345678900 na plataforma MOBILE gerado em 29/06/2023 09:52:18." A download icon is visible next to the notification.

Figura 2. Interface *web* para geração e visualização de relatórios

3.5. Processo de cálculo do Tau-U

Essa técnica envolve a comparação de uma linha de base com uma fase de intervenção. A linha de base consistiu em um período de observação durante o qual a intervenção não fora aplicada, possibilitando a definição de um ponto de referência para a comparação dos efeitos da intervenção. A fase de intervenção foi o momento em que a intervenção foi ativamente aplicada, permitindo a mensuração das mudanças que ocorreram após a intervenção [Parker et al. 2011b].

Identificou-se um desafio com a análise Tau-U: o problema da tendência na linha de base. Em certos casos, a linha de base pode apresentar uma tendência, ou seja, uma mudança sistemática ao longo do tempo, possivelmente devido a fatores como a aprendizagem natural da criança ou a familiarização com o jogo. Se essa tendência não fosse considerada, ela poderia distorcer os resultados da análise, fazendo a intervenção parecer mais ou menos eficaz do que realmente era [Vannest and Ninci 2015].

Na prática comum da análise Tau-U, dados eram coletados antes e depois de uma intervenção, de modo que a linha de base e a fase de intervenção pudessem ser claramente distinguidas. No entanto, em cenários em que a intervenção estava entrelaçada com o ambiente e não podia ser claramente separada, como no caso dos jogos educativos, essa abordagem padrão não se mostrou aplicável.

Diante desse desafio, foi necessário extrair os dados da linha de base do próprio jogo. Em vez de um período claramente definido antes da intervenção, o jogo proporcionou um ambiente no qual as crianças eram avaliadas em suas habilidades e aprendiza-

gem. Nesse cenário, a linha de base foi determinada pela primeira parte do jogo, antes da implementação da intervenção. Isso sugere que a linha de base não estava totalmente livre da intervenção, o que podia complexificar a análise.

Decidiu-se, juntamente com a neuropsicóloga, não ajustar a tendência na linha de base no cálculo final do Tau-U. Embora a remoção da tendência pudesse potencialmente melhorar a precisão da análise em alguns casos, ela também poderia introduzir distorções nos resultados. Com a linha de base derivada do jogo e já contendo algum grau de intervenção, a remoção da tendência poderia eliminar parte do efeito da intervenção, resultando em uma subestimação de seu impacto. Assim, para preservar a integridade dos dados, optou-se por não ajustar a linha de base para tendência.

Reconheceu-se que essa decisão podia introduzir algum viés na análise. No entanto, acreditava-se que, devido ao ambiente único do jogo e à natureza integrada da intervenção, esta era a abordagem mais apropriada. Avaliações contínuas dos resultados foram realizadas e a abordagem foi refinada, a fim de minimizar esse viés e melhorar ainda mais a precisão da análise.

Para identificar a melhor escolha possível dos dados em linha de base e intervenção, desenvolveu-se uma estratégia baseada nos próprios dados. Esta estratégia empregou critérios de divisão das variáveis que dependiam das características específicas dos dados e incluiu a aplicação do Tau-U como um método para verificar a estabilidade da linha de base escolhida.

3.6. Interpretação do Tau-U

Os intervalos de avaliação foram estabelecidos em colaboração com a neuropsicóloga, com base em experiências e discussões conjuntas e foram divididos da seguinte forma:

- De -1 a -0.8: A criança apresenta uma Regressão expressiva. Isso é um sinal de que o jogo pode estar além das suas capacidades atuais, ou que ela não está respondendo positivamente. A reavaliação do jogo e possíveis intervenções podem ser necessárias.
- De -0.8 a -0.5: O intervalo indica Regressão moderada a substancial. A criança está apresentando regressão notável, sugerindo que o jogo pode estar muito acima do seu nível de habilidade, ou que a criança está desmotivada. Uma avaliação mais detalhada para identificar a causa da regressão e estratégias de melhoria pode ser necessária.
- De -0.5 a -0.3: O intervalo denota uma Regressão leve a moderada. A criança pode estar tendo dificuldades com o jogo, ou os desafios podem ter se tornado muito complexos. Estratégias de intervenção podem ser necessárias para superar esses desafios.
- De -0.3 a 0: Aqui temos uma Regressão leve ou ausente. A criança está mantendo um desempenho constante, embora não esteja progredindo necessariamente.
- De 0 a 0.3: Este intervalo indica uma Evolução mínima ou ausente. A criança não está progredindo, o que pode ser um sinal de que o jogo é complexo demais, ou que a criança não está suficientemente engajada. Uma avaliação mais aprofundada pode ser necessária para determinar a causa do progresso limitado.
- De 0.3 a 0.5: O intervalo sugere uma Evolução leve a moderada. A criança está exibindo algum progresso, adaptando-se ao jogo, embora ainda haja margem para

melhoria. Estratégias de intervenção focadas podem ser necessárias para auxiliar a criança a superar obstáculos específicos.

- De 0.5 a 0.8: Aqui vemos uma Evolução moderada a substancial. A criança está progredindo notavelmente, o que sugere que o jogo está sendo eficaz no desenvolvimento das habilidades pretendidas e que a criança está lidando bem com os desafios.
- De 0.8 a 1: No último intervalo, temos uma Evolução expressiva. A criança está demonstrando progresso excepcional, indicando um entendimento profundo do jogo e efetividade no avanço. O jogo parece ser altamente eficaz para o desenvolvimento das habilidades da criança.

3.7. Detalhes de implementação Tau-U

A métrica Tau-U, também conhecida como coeficiente de concordância Tau-U, é uma medida estatística utilizada para avaliar a concordância ou associação entre duas classificações ou categorias de dados ordinais ou ordinais mistos. Ela é especialmente útil quando se deseja avaliar a concordância entre duas classificações que não são necessariamente de natureza binária (ou seja, "sim" ou "não"), mas que possuem várias categorias ordenadas.

Para calcular o coeficiente de correlação Tau-U [Parker et al. 2011b], adotou-se uma abordagem que envolveu a manipulação de duas séries de dados. Essas séries representavam duas fases distintas: uma linha de base e uma fase de intervenção.

Inicialmente, foram determinados os tamanhos das séries e iniciados contadores para os pares de dados que eram concordantes e discordantes entre as duas fases. A contagem desses pares foi feita por meio de um processo iterativo que percorria cada par de dados entre as duas fases. Durante esse processo, levou-se em consideração se um valor maior era melhor ou não, o que ajustou a direção da contagem.

Foi importante salientar que a eficácia e a eficiência deste processo dependeram da qualidade dos dados de entrada. Portanto, foi crucial que as séries temporais de observações fossem corretamente coletadas e pré-processadas.

Com o objetivo de determinar a melhor divisão entre a linha de base e a intervenção, adotou-se um processo que envolveu a divisão da série de dados em vários subconjuntos. O Tau-U foi calculado para cada subconjunto, e se o valor absoluto do Tau-U foi menor que 0.3, essa posição foi considerada como o último elemento da linha de base.

No caso de não ser possível identificar uma linha de base adequada, buscou-se alternativas. Se a série total de dados foi de tamanho igual ou menor que 20, a série foi dividida ao meio. Se a série foi maior, os primeiros dados foram considerados como a linha de base e o restante como a intervenção.

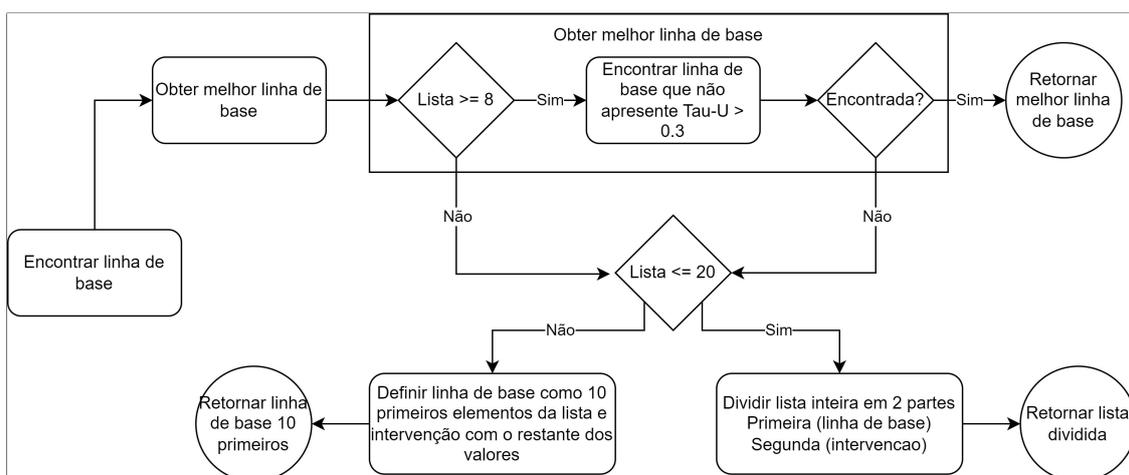


Figura 3. Fluxo de obtenção de melhor linha de base para o Tau-U

4. Resultados

Este estudo incluiu a participação de 11 estudantes, dos quais três são suspeitos de ter Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), um com Síndrome de Down, um com suspeita de Autismo, e seis são considerados típicos. Esses estudantes são de duas instituições escolares de perfis distintos, uma pública e uma privada. As avaliações realizadas consistiram em testes aplicados no formato físico, em papéis, antes e depois da intervenção pedagógica proporcionada pelos jogos educativos, trabalhando dois tipos de habilidades diferentes, sendo elas: comparação de propriedades e noções espaciais.

Os dados obtidos foram processados pelo sistema *backend* com o objetivo de avaliar o impacto da intervenção no desenvolvimento das habilidades matemáticas dos participantes.

4.1. Resultados para habilidade de noções espaciais

Nos testes para habilidade de noções espaciais, realizados pelos 11 estudantes, foram observados os seguintes resultados:

Cinco estudantes (45,5%) demonstraram ganhos no desempenho ($\tau\text{-}u = 1$), ou seja, tiveram um aumento no número de acertos e/ou uma diminuição no número de erros. Três estudantes (27,3%) apresentaram uma perda de desempenho ($\tau\text{-}u = -1$), ou seja, tiveram uma diminuição no número de acertos e/ou um aumento no número de erros. Outros três estudantes (27,3%) não apresentaram mudanças de desempenho em relação aos testes anteriores ($\tau\text{-}u = 0$), ou seja, mantiveram o mesmo número de acertos e/ou erros.

Esses resultados sugerem que o jogo teve efeitos variados nas habilidades de noções espaciais dos estudantes, com alguns mostrando melhorias, outros apresentando declínio e alguns mantendo seu desempenho inalterado.

4.2. Resultados para habilidade de comparação de propriedades

Dentre os 11 estudantes iniciais apenas 8 estudantes realizaram os testes para a habilidade de comparação de propriedades, foram obtidos os seguintes:

Quatro estudantes (50%) demonstraram ganhos no desempenho ($\tau\text{-}u = 1$), ou seja, tiveram um aumento no número de acertos e/ou uma diminuição no número de erros. Quatro estudantes (50%) não apresentaram mudança de desempenho em relação aos testes anteriores ($\tau\text{-}u = 0$), ou seja, mantiveram o mesmo número de acertos e/ou erros. Nenhum estudante apresentou uma perda de desempenho ($\tau\text{-}u = -1$).

Neste caso, a intervenção por meio do jogo parece ter tido um impacto mais positivo ou neutro, com metade dos estudantes mostrando melhorias e a outra metade mantendo o desempenho.

4.3. Interpretação dos resultados

A eficácia da intervenção foi destacada pelo uso do Tau-U, proporcionando uma compreensão do impacto da intervenção nas habilidades matemáticas das crianças.

Os resultados gerados corretamente por meio da interface *web* conforme mencionado na seção (3.4) e ilustrado na Figura 2, foram exibidos nos relatórios descritos na seção (3.3) e exemplificados na Figura 1.

Esses resultados representam uma análise quantitativa preliminar do impacto do jogo nas habilidades dos estudantes. Para conclusões mais robustas, seria importante conduzir análises adicionais e coletar mais dados, pois a robustez da análise do Tau-U aumenta com a quantidade de sessões.

Em suma, os resultados obtidos corroboram a eficácia da intervenção e destacam a relevância do sistema desenvolvido para o campo da educação inclusiva.

5. Conclusões e perspectivas futuras

Neste trabalho, foi desenvolvido um sistema *backend* que permitiu a obtenção e processamento de dados das sessões de crianças durante suas atividades com jogos sérios. Adicionalmente, foi desenvolvida uma interface *web* que permite a geração de relatórios detalhados. Esses relatórios integram os resultados processados e apresentam gráficos visuais que ilustram de forma evidente a evolução do desempenho da criança ao longo do tempo

Ao realizar os testes, o sistema apresentou resultados satisfatórios para todos os objetivos propostos. É importante observar que esses resultados foram obtidos com um grupo de apenas 11 participantes. Portanto, é fundamental reconhecer que mais testes são necessários para que as conclusões sejam verdadeiramente conclusivas.

Este sistema não apenas coleta dados, mas também processa para fornecer informações que auxiliam no acompanhamento por especialistas, principalmente com o cálculo do Tau-U, além disso, ele apresenta uma interface *web* acessível para que os responsáveis e especialistas possam gerar os relatórios, proporcionando a liberdade de escolha da plataforma.

O relatório gerado para a apresentação dos dados demonstra o progresso do estudante, mostrando as métricas e gráficos pertinentes à evolução do seu desempenho. Este documento fornece uma visão detalhada dos resultados para cada habilidade e nível de dificuldade enfrentado, possibilitando a compreensão de como as intervenções estão afetando o aprendizado da criança. Este relatório, disponibilizado em um formato acessível

e compreensível, é uma ferramenta valiosa para especialistas e responsáveis, capaz de permitir um acompanhamento efetivo do desenvolvimento da criança.

Em trabalhos futuros, será necessário realizar melhorias na ferramenta ao receber *feedbacks* dos usuários. Além disso, será necessário implementar medidas de segurança adequadas para o sistema, como um sistema de autenticação que permita o registro e login. Talvez seja necessário revisar a decisão de não ajustar a tendência na métrica Tau-U à medida que mais dados reais estejam disponíveis para observação. Outra área que pode ser destacada para trabalhos futuros é a melhoria dos relatórios, incorporando mais dados relevantes e até implementando outras técnicas de validação para comparação.

Referências

- [Association 2013] Association, A. P. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (5th ed.)*. American Psychiatric Association, Washington, DC. 1
- [Braun 2020] Braun, M. (2020). Accessibility of different natural user interfaces for people with intellectual disabilities. *Journal of Enabling Technologies*, 14(4):165–182. 2
- [Bulté and Onghena 2018] Bulté, I. and Onghena, P. (2018). Interpreting kendall’s tau and tau-u for single-case experimental designs. *Journal of Behavioral Education*, 27(3):389–403. 3
- [Danielsson et al. 2010] Danielsson, H., Henry, L., Rönnerberg, J., and Nilsson, L.-G. (2010). Executive functions in individuals with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*, 31(6):1299–1304. 1
- [Deary et al. 2010] Deary, I., Penke, L., and Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nat Rev Neurosci*, 11:201–211. 1
- [Deutsch et al. 2008] Deutsch, C., Dube, W., and McIlvane, W. (2008). Attention deficits, attention-deficit hyperactivity disorder, and intellectual disabilities. *Dev Disabil Res Revs*, 14(4):285–292. 1
- [Dutra 2021] Dutra, T. C. (2021). Educational digital games and computational thinking for students with intellectual disabilities - guidelines for accessibility. In *2021 IEEE 21st International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, pages 111–113. 2
- [Edgin et al. 2010] Edgin, J., Pennington, B., and Mervis, C. (2010). Neuropsychological components of intellectual disability: the contributions of immediate, working, and associative memory. *Journal of Intellectual Disability Research*, 54(4):406–417. 1
- [EDUCAÇÃO 2018] EDUCAÇÃO, M. D. (2018). Base nacional comum curricular. Brasília, Brasil. 2
- [Gomes and Mota 2022] Gomes, S. and Mota, R. (2022). Desenvolvimento de um aplicativo para verificação do nível de matemática em crianças com deficiência intelectual. Manuscrito em preparação. 2
- [Guralnick 2016] Guralnick, M. J. (2016). Early intervention for children with intellectual disabilities: An update. *Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities*, 30(2):211–229. 2, 3

- [Parker et al. 2011a] Parker, R., Vannest, K., and Davis, J. (2011a). Effect size in single-case research: A review of nine nonoverlap techniques. *Behavior Modification*, 35(4):303–322. 3, 4
- [Parker et al. 2011b] Parker, R., Vannest, K., Davis, J., and Sauber, S. (2011b). Combining nonoverlap and trend for single-case research: Tau-u. *Behavior Therapy*, 42(2):284–299. 3, 6, 8
- [Rogers and Dawson 2014] Rogers, S. J. and Dawson, G. (2014). Checklist curriculum do modelo denver de intervenção precoce para crianças pequenas com autismo. 2
- [Santos 2017] Santos, P. (2017). How design features in digital math games support learning and mathematics connections. *TechTrends*, 61(4):335–340. 2
- [Saridaki and Mourlas 2014] Saridaki, M. and Mourlas, C. (2014). Incorporating serious games in the classroom of students with intellectual disabilities and the role of the educator. *International Journal of Serious Games*, 1(2):27–36. 2
- [Schalock et al. 2009] Schalock, R., Borthwick-Duffy, S., Bradley, V., Buntinx, W., Coulter, D., Craig, E., Gómez, S., Lachapelle, Y., Luckasson, R., Reeve, A., Shogren, K., Snell, M., Spreat, S., Tassé, M., Thompson, J., Verdugo-Alonso, M., Wehmeyer, M., and Yeager, M. (2009). *Intellectual Disability: Definition, Classification, and Systems of Supports. Eleventh Edition*. American Association on Intellectual and Developmental Disabilities (AAIDD). 1
- [Vannest and Ninci 2015] Vannest, K. and Ninci, J. (2015). Evaluating intervention effects in single-case research designs. *Journal of Counseling & Development*, 93(4):403–411. 3, 6