

REVISÃO NARRATIVA DO USO DE LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE ESTUDANTES COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA À LUZ DA TEORIA DA DISTÂNCIA TRANSACIONAL

NARRATIVE REVIEW ON USING REMOTE LABORATORIES FOR TEACHING-LEARNING OF STUDENTS WITH AUTIST SPECTRUM DISORDER UNDER THE LIGHT OF THE TRANSACTIONAL DISTANCE THEORY

Recebido em: 22 de outubro de 2022
Aprovado em: 8 de janeiro de 2023
Sistema de Avaliação: Double Blind Review
RCO | a. 15 | v. 1 | p. 193-211 | jan./jun. 2023
DOI: <https://doi.org/10.25112/rco.v1.3021>

Lenilda Batista de Souza lenilda@mail.uft.edu.br

Mestranda em Modelagem Computacional de Sistema pela Universidade Federal do Tocantins (Palmas/Brasil).
Professora da Secretaria da Educação (Palmas/Brasil).
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1998-169X>

George Lauro Ribeiro Brito gbrito@uft.edu.br

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de Brasília (Brasília/Brasil).
Professor na Universidade Federal do Tocantins (Palmas/Brasil).
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9356-4443>

Gentil Veloso Barbosa gentil@uft.edu.br

Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro/Brasil).
Professor na Universidade Federal do Tocantins (Palmas/Brasil).
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5622-516X>

Suzana Gilioli da Costa Nunes suzanagilioli@yahoo.com.br

Pós-Doutora em Ciências Humanas pela Universidade de Coimbra (Coimbra/Portugal).
Professora na Universidade Federal do Tocantins (Palmas/Brasil).
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3173-2998>

André Luiz Zambalde andrezambalde@mail.uft.edu.br

Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro/Brasil).
Professor na Universidade Federal do Tocantins (Palmas/Brasil).
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0129-7451>

RESUMO

Na atual fase pandêmica da covid-19, quase todas as instituições de ensino foram forçadas a passar por uma transformação abrupta do ensino presencial para o ensino remoto, com a adoção e uso de novas tecnologias educacionais. Especificamente, no contexto dos estudantes com autismo, entende-se como pertinente a análise de estudos relacionados às possibilidades de uso dessas tecnologias para a melhoria da compreensão conceitual desses estudantes. Assim, o presente estudo tem como objetivo levantar, analisar e discutir práticas de uso de laboratórios remotos e seu impacto na aprendizagem de estudantes com autismo, à luz da teoria da distância transacional. Para isso, procedeu-se a uma revisão de narrativa de literatura em que foram examinados 32 artigos encontrados nas bases de dados *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *Wiley InterScience* e *Science Direct–Elsevier*. Como resultado, as evidências demonstraram que, no contexto da teoria da distância transacional, os laboratórios remotos tendem a potencializar a efetividade dos métodos de ensino e propiciar melhorias na aprendizagem dos estudantes com transtorno do espectro autista.

Palavras-chave: Autismo. Laboratório Remoto. Teoria da Distância Transacional.

ABSTRACT

In the current COVID-19 pandemic phase, almost all educational institutions were forced to undergo an abrupt transformation from face-to-face to remote learning, generally based on the adoption and use of new educational technologies. Specifically, in the context of students with autism, it is understood as pertinent to analyze studies related to the possibilities of these technologies to improve the conceptual understanding of these students. In this context, this paper aims to raise, analyze, and discuss practices on using remote laboratories and their impact on the learning of autistic students, considering the Transactional Distance Theory. For this purpose, a literature narrative review was carried out. Thirty-two articles from the *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *Wiley InterScience*, and *Science Direct–Elsevier* databases were analyzed. As a result, it was showed that, in the context of Transactional Theory, remote laboratories tend to enhance the effectiveness of teaching methods and improvements in learning for students with autistic spectrum disorder.

Keywords: Autism. Remote Laboratory. Transactional Distance Theory.

1 INTRODUÇÃO

A educação regular, em todo o mundo, tem considerado incorporar, de forma mais intensa e a todos os campos e níveis de ensino, a educação a distância e as tecnologias a ela associadas (MOORE, 2019). Esse crescimento se dá pela escassez de recursos para fornecer equipamentos necessários que atendam a alta demanda de alunos.

Do uso cada vez mais frequente da educação a distância no ensino e no cotidiano dos alunos emerge a teoria da distância transacional (MOORE, 1993). De modo geral, segundo essa teoria, a distância entre professor e aluno não é meramente geográfica, mas educacional e psicológica.

Visando minimizar os transtornos relacionados ao ensino a distância, foram criados os laboratórios remotos, espaços de ensino-aprendizagem que, no contexto tecnológico, dispõem de ferramentas computacionais de apoio à educação a distância, possibilitando a realização de atividades práticas via internet (TULHA; CARVALHO; COLUCI, 2019). A aprendizagem prática e as habilidades de resolução de problemas adquiridas durante a experimentação remota complementam as aulas teóricas (HERADIO *et al.*, 2016).

Os laboratórios remotos não só permitem maior acessibilidade, mas também têm o potencial de preencher as lacunas no desenvolvimento de habilidades laboratoriais, permitindo que alunos trabalhem individualmente e de maneira remota com o equipamento do laboratório físico (ACHUTHAN *et al.*, 2020). O amplo alcance da tecnologia da informação ampliou o escopo da educação em laboratório (ACHUTHAN; KOLIL; DIWAKAR, 2018; KOLIL; MUTHUPALANI; ACHUTHAN 2020).

Os benefícios dos laboratórios remotos podem ser consideráveis, particularmente no sentido de permitir maior flexibilidade, menores custos e maior partilha de recursos. O ambiente em que a aprendizagem ocorre, seja *on-line* ou presencial, envolve uma gama complexa de fatores que influenciam a satisfação e o desempenho dos discentes (AGUILERA-HERMIDA, 2020).

Além disso, as ferramentas desses laboratórios podem beneficiar o processo de aprendizagem de estudantes com necessidades específicas, seja pela facilidade de acesso, por não precisarem se deslocar até o espaço físico, seja pela possibilidade de uma experiência de ensino personalizada que atenda às suas especificidades (HERADIO *et al.*, 2016). Assim, o laboratório remoto pode ser visto também como uma forma de tecnologia assistiva para estudantes com transtorno do espectro autista (TEA). A ampliação do uso dessa ferramenta em sala de aula pode, ainda, ser uma oportunidade de promover a literacia digital dentro desse grupo.

Nesse cenário, a questão de pesquisa que o presente trabalho se propõe a investigar é: os laboratórios remotos podem ser utilizados como ferramentas de apoio ao ensino-aprendizagem de estudantes com autismo?

Diante da questão de pesquisa apresentada e da crescente importância das temáticas especificadas no contexto do capítulo de introdução, o trabalho tem como *principal objetivo* realizar uma revisão narrativa da literatura sobre laboratórios remotos e seu potencial no ensino-aprendizagem de alunos com transtorno do espectro autista (TEA), à luz da teoria da distância transacional (TDT).

Neste sentido, os *objetivos específicos* são:

- a. definir bases de dados bibliográficas e realizar o levantamento de artigos sobre laboratórios remotos, ensino-aprendizagem, transtorno do espectro autista e teoria da distância transacional;
- b. selecionar, analisar e discutir artigos envolvendo o potencial dos laboratórios remotos no ensino-aprendizagem de alunos autistas; e
- c. especificar potencialidades e limitações dos usos de laboratórios remotos por estudantes autistas, à luz da teoria da distância transacional.

Assim, os tópicos seguintes tratarão das definições e aspectos relevantes da TDT, seguidos por considerações sobre o TEA e a utilização de tecnologias, para analisar o que são os laboratórios remotos e como eles podem melhorar a aprendizagem desses estudantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TEORIA DA DISTÂNCIA TRANSACIONAL

A teoria da distância transacional (MOORE, 1991) provou ser extremamente útil para estudar a eficácia dos laboratórios remotos no ensino a distância (ACHUTHAN *et al.*, 2021; DELGATY, 2018; MOORE, 1991), uma vez que o afastamento **físico** existente entre o professor e o estudante é característico nessa modalidade de ensino (TIRADO-MORUETA *et al.*, 2018), e a TDT explica e quantifica a relação de aprendizagem a distância entre docente e discente (DELGATY, 2018).

Conforme a teoria em discussão, as interações que fazem parte do processo de aprendizagem (ROACH; ATARDI, 2021) ajudam a melhorar a compreensão conceitual dos estudantes. Ambientes de distância transacional bem-sucedidos dependem da atuação do professor, que deve oferecer oportunidades de interação adequadas (MOORE, 1993) e materiais de aprendizagem organizados.

Dentro dos laboratórios físicos, a capacidade de fornecer aos estudantes experiência de laboratório contínua e individualizada é inibida por restrições impostas por acessibilidade limitada e escalabilidade do aparelho ou equipamento necessário para realizar experimentos. Um dos desafios nos laboratórios físicos é que, quando o número de alunos é grande e eles são agrupados para realizar experimentos, as chances de sucesso dos alunos em atingir os resultados de aprendizagem esperados podem ser comprometidas pela falta de aprendizagem individualizada. Essas chances são aumentadas em épocas como a da pandemia da covid-19 (OMS, 2020), bem como em outras ocasiões em que há escassez de recursos (ACHUTHAN *et al.*, 2020).

À luz da teoria da distância transacional, as interações que fazem parte do processo de aprendizagem podem ajudar a melhorar a compreensão conceitual dos estudantes com autismo. Ambientes de distância transacional bem-sucedidos podem depender do professor, no sentido de oferecer oportunidades de interação adequadas (MOORE, 1993). Materiais de aprendizagem organizados estimulam uma compreensão conceitual mais elevada, seja por meio da estrutura, de maior interação entre o estudante e o professor ou por maior autonomia do estudante.

Nesse sentido, a tecnologia assistiva (TA) pode trazer grandes benefícios para um indivíduo, podendo ser considerada adequada para deficiências visuais, auditivas, de aprendizagem e de mobilidade. Ela não precisa necessariamente ser de alta tecnologia, o que normalmente teria como base um software e um hardware eletrônico programado. Por exemplo, uma bengala seria considerada de baixa tecnologia, mas é uma TA adequada para algumas formas de deficiência motora. Portanto, a escolha deve ser cuidadosamente considerada para atender aos requisitos do usuário final (GROUT, 2017).

Entre os exemplos no campo tecnológico, podem ser citados o software de reconhecimento de voz, que converte a fala em texto, e o software de leitura de tela, que transforma o texto em palavra falada e pode ser usado por indivíduos com deficiência visual.

2.2 O USO DE TECNOLOGIAS EM ESTUDANTES COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

O transtorno do espectro autista (TEA) é uma condição de desenvolvimento caracterizada por deficiências persistentes na interação social e pela presença de padrões repetitivos e restritos de comportamentos, interesses ou atividades (AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION, 2014). Assim, as crianças com esse transtorno geralmente têm dificuldade de reconhecer as expressões faciais e entender as emoções associadas, bem como de compreender e controlar suas próprias emoções. Elas também

apresentam dificuldades para ajustar seu comportamento às situações sociais, o que, muitas vezes, levam-nas a serem excluídas (SHI *et al.*, 2017).

Nos últimos anos, o número de crianças diagnosticadas com TEA tem aumentado. Em 2004, segundo o Centro de Controle de Doenças e Prevenção (CDC), órgão vinculado ao governo dos Estados Unidos, estimou-se um caso para cada 125 crianças nos Estados Unidos; já em 2020, foi estimado um caso para cada 54 crianças americanas, representando um aumento de 131%. Dados estatísticos mundiais estimam que uma em cada 64 crianças no Reino Unido, uma em cada 38 crianças na Coreia do Sul e mais de 10 milhões da população em geral na Índia foram diagnosticadas com TEA (ALVES *et al.*, 2020; KOHLI, M.; KOHLI, S., 2016).

Conforme Andrunyk *et al.* (2019), a maioria das pessoas com TEA apresenta uma afinidade natural com a tecnologia e uma atitude positiva para uma formação baseada no uso do computador. Dessa forma, os programas utilizados nos computadores, *tablets* ou *smartphones*, se bem utilizados, podem auxiliar na compreensão e no processo de aprendizagem do estudante diagnosticado com TEA.

A importância do desenvolvimento de técnicas que possam colaborar para o ensino de alunos com autismo se faz necessária, visto que alguns professores ainda não conseguem trabalhar com meios tão modernos. Essa tentativa do docente em se aprimorar para auxiliar seus alunos também faz parte da almejada integração escolar e social do estudante com autismo.

Diante disso, fica evidente afirmar que a tecnologia, nesses casos, é de suma importância, pois trará ao estudante com autismo maior comodidade na aprendizagem e certamente fará com que sejam reduzidas as dificuldades encontradas por eles no processo de aprendizagem.

2.3 LABORATÓRIOS REMOTOS

O termo laboratório remoto descreve experimentos de laboratório que podem ser controlados e monitorados remotamente a partir de uma localização distante (PASCALIS; WOLF; FRERICH, 2020). Essa característica oferece inúmeras vantagens em comparação a um laboratório físico.

Ao utilizarem a experimentação remota, os estudantes lidam com aparatos físicos reais e obtêm dados reais desses experimentos, ou seja, as ações ocorrem da mesma forma que os experimentos executados em laboratório físico. Assim, os sistemas utilizados permitem que os estudantes visualizem e controlem os equipamentos a distância por meio de câmeras e sensores, podendo baixar esses dados em tempo real por meio de um laboratório de informática na sala de aula ou até mesmo em casa (THO; YEUNG, 2016).

Desse modo, os estudantes aprendem sobre as complexidades do mundo real, como a lidar com erros de medição, cuja simulação está longe de ser trivial (PASCALIS; WOLF; FRERICH, 2020). Além disso, considerando que os laboratórios físicos envolvem altos custos associados a equipamentos, espaço e equipe de manutenção, a experimentação remota torna-se uma alternativa sustentável por ser necessário um menor número de laboratórios remotos para atingir um número maior de estudantes, reduzindo a quantidade de recursos utilizados e de trabalho necessário para se manter em pleno funcionamento.

Por outro lado, Heradio *et al.* (2016), em revisão de literatura, mencionam que os laboratórios virtuais e remotos reduzem os custos associados aos laboratórios práticos convencionais em razão do equipamento, do espaço e da equipe de manutenção necessários. Além disso, eles fornecem benefícios adicionais, como suporte ao ensino a distância, melhorando a acessibilidade do laboratório para pessoas com deficiência e aumentando a segurança para experimentos perigosos.

A título de exemplificação, pode-se citar o laboratório remoto de aquários localizado na Universidade de Deusto, onde foi criado acesso a um aquário real. Nele é possível alimentar os peixes, acender e apagar as luzes e, se o submarino estiver na água e estiver carregado, é possível controlá-lo.

O objetivo por trás desta experimentação remota é que estudantes do ensino fundamental sejam responsáveis pela vida desses peixes, mesmo que não estejam sob um perigo real. Os professores podem saber quais grupos de alunos os alimentaram corretamente, quais alunos não se esqueceram e quais alunos coordenaram corretamente para que ninguém os alimentasse demais.

Os laboratórios remotos, além de permitir maior acessibilidade, têm o potencial de preencher as lacunas no desenvolvimento de habilidades de laboratório, permitindo que os alunos trabalhem individual e remotamente com o equipamento do laboratório físico (ACHUTHAN *et al.*, 2021). Além disso, por ser um recurso educacional *on-line*, as necessidades do indivíduo podem ser consideradas ao se projetar a ferramenta e integrá-la em um programa de educação (GROUT, 2017). Por fim, em relação às suas possibilidades, também podem ser considerados uma tecnologia assistiva, que pode ser usada para fornecer acesso a indivíduos com necessidades específicas.

O uso de laboratórios remotos como recurso educacional oferece aos estudantes com necessidades educacionais especiais a oportunidade de obter experiências práticas valiosas em diferentes áreas de conhecimento, de sentir seu próprio envolvimento no processo educacional e de obter motivação para continuar desenvolvendo novos conhecimentos e habilidades em diferentes cenários de aquisição de conhecimento no processo de ensino e aprendizagem.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa classifica-se, quanto à sua finalidade, como pesquisa teórica básica, com objetivo de caráter exploratório e abordagem qualitativa, fundamentada em procedimentos de revisão narrativa de literatura (pesquisa bibliográfica).

Esses procedimentos foram divididos em etapas, quais sejam: identificação da questão norteadora; definição dos critérios de inclusão e exclusão dos artigos; seleção dos estudos da revisão; avaliação dos estudos; interpretação dos resultados e apresentação da revisão.

As buscas foram feitas em outubro de 2021 nas bases de dados do *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *Wiley InterScience*, *Science Direct–Elsevier*, por sua importância e abrangência, compreendendo os anos de 2015 a 2021, predominantes na pesquisa, exceto no que se refere aos estudos de Moore (1989), cuja pesquisa foi feita a partir de 1989.

Foram utilizados os seguintes descritores:

- a) *Transactional distance theory* e *Remote laboratory*;
- b) *Remote laboratory* e *autism*;
- c) *Remote laboratory* e *Assistive technology*;
- d) *Laboratório remoto* e *Teoria da distância transacional*; e
- e) *Teoria da distância transacional* e *autismo*.

Todas as bases foram escolhidas por sua importância na disponibilização de artigos referentes à educação e laboratórios remotos com multidisciplinaridade e por terem um número representativo de periódicos de diferentes áreas. Ao final, foram selecionados 32 artigos, que foram lidos na íntegra e dos quais foram retirados os dados para resultados e discussão desta pesquisa.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

4.1 IDENTIFICAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Quanto à identificação dos 32 artigos selecionados, foi realizada uma divisão por área de aprofundamento, quais sejam: teoria da distância transacional (10 artigos), Eficácia do ensino autista (7 artigos) e Laboratórios remotos (15 artigos), conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Identificação dos artigos selecionados

Área	Artigo	Revista/link	Autores	Publicação
Teoria da Distância Transacional	Doze dicas para aplicar a teoria da distância transacional de Moore para otimizar o ensino <i>on-line</i>	Medical Teacher	Roach; Atardi	2021
	College students' use and acceptance of emergency online learning due to covid-19	International Journal of Educational Research Open	Aguilera-Hermida	2020
	A teoria da distância transacional	Routledge	Moore	2019
	Teoria transacional a distância: uma visão crítica dos fundamentos teóricos e pedagógicos do <i>e-learning</i> . Multimídia Interativa	Produção Multimídia e Contação Digital de Histórias	Delgaty	2018
	Open and distance education in Australia, Europe, and the Americas: national perspectives in a digital age	Singapore: Springer Singapore Pte. Limited	Qayyum; ZAwacki-Richter	2018
	Grade increase. Tracking distance education in the United States	https://online.learningsurvey.com/reports/gradeincrease.pdf	Seaman, Julia; Allen; Seaman, Jeff	2018
	Distance education: a systems view of online learning.	Distance Education: A Systems View Of Online Learning	Moore; Kearsley	2012
	Theory of transactional distance	Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância	Moore	1993
	Distance education theory	American Journal of Distance Education	Moore	1991
	Three types of interactions	American Journal of Distance Education,	Moore	1989
Transtorno Espectro Autista	Doença por coronavírus (covid-19) organização de saúde mundial pandêmica	https://www.who.int/pt	OMS	2020
	Análise do comportamento aplicada para o tratamento do autismo: uma revisão sistemática de tecnologias assistivas	IEEE access	Alves <i>et al.</i>	2020
	Como a tecnologia pode auxiliar crianças com autismo	https://jornadaedu.com.br/tendencias-em-educacao/criancas-com-autismo/	Brites	2019
	Modelagem do sistema de recomendação para a síntese de complexos de informação e tecnologia para a educação de alunos com autismo	XIV Conferência Internacional sobre Ciências da Computação e Tecnologias da Informação	Andrunyk <i>et al.</i>	2019
	Uma IoT vestível experimental para gerenciamento do autismo baseado em dados	Journals SAGE Publications	Shi <i>et al.</i>	2017
	Avaliação eletrônica e currículo de treinamento com base em procedimentos de análise de comportamento aplicados para treinar familiares de crianças diagnosticadas com autismo	IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference	Kohli, M.; Kohli, S.	2016
	Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5	American Psychiatric Association	American Psychiatric Association	2014

Laboratórios Remotos	Impacto da experimentação remota, interatividade e eficácia da plataforma nos resultados de aprendizagem em laboratório	International Journal of Educational Technology in Higher Education	Achuthan; Raghavan; Shankar	2021
	Remote triggered dual-axis solar irradiance measurement system.	IEEE Transactions on Industry Applications	Achuthan <i>et al.</i>	2020
	Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efficacy	International Journal of Educational Technology in Higher Education	Kolil; Muthupalani; Achuthan	2020
	Remote Lab meets Virtual Reality – Enabling immersive access to high tech laboratories from afar	Elsevier B.V.	Pascalis; Wolf; Frerich	2020
	Design and Development of Remote Laboratory System to Facilitate Online Learning in Hardware Programming Subjects	IEEE	Jo, H.; Jo, R.	2020
	Uso de laboratórios remotos no Brasil: uma revisão sistemática	Informática na Educação: Teoria & Prática	Tulha; Carvalho; Coluci	2019
	Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: a literature review	Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research	Wei <i>et al.</i>	2019
	Efeitos de laboratórios virtuais e físicos de investigação guiada na compreensão conceitual, desempenho da investigação, autoeficácia da investigação científica e prazer	College Park: American Physical Society	Husnaini; Chen	2019
	Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry.	Education and Information Technologies	Achuthan; Kolil; Diwakar	2018
	Pedagogical Support for Collaborative Development of Virtual and Remote Labs: Amrita VLCAP.	Cham: Springer International Publishing	Nedungadi <i>et al.</i>	2018
	Exploratory study of the acceptance of two individual practical classes with remote labs	European Journal of Engineering Education	Tirado-Morueta <i>et al.</i>	2018
	Remote Laboratories as a Means to Widen Participation in STEM Education.	<i>Education Sciences</i>	Grout	2017
	Laboratórios virtuais e remotos na educação: uma análise bibliométrica	Computers & Education	Heradio <i>et al.</i>	2016
	Technology-enhanced science learning through remote laboratory: System design and pilot implementation in tertiary education	Australasian Journal of Educational Technology	Tho; Yeung	2016
A coleção de referência bibliográfica GRC2014 para a comunidade de pesquisa de laboratório <i>on-line</i>	IEEE	Zappatore; Longo; Boichichio	2015	

Fonte: Os autores (2022)

4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os artigos referentes à teoria da distância transacional, em especial o de Moore (2012), apontam que a distância transacional depende de uma interação que ocorre entre três variáveis: estrutura do programa, diálogo (interação) e autonomia do estudante. Em relação ao último aspecto, o autor observou que as características específicas do desejo de projetar e executar sua própria aprendizagem (ou autonomia) contribuem para o gerenciamento da distância transacional, enquanto o grau de estrutura do programa e o diálogo necessário para o sucesso são contingentes.

A autonomia é a capacidade do estudante de participar na tomada de decisões normalmente reservadas exclusivamente a professores. Em termos de distância transacional, o nível da autonomia exigida dos discentes aumenta conforme a ampliação da distância transacional (MOORE, 2019). Já a experimentação remota altamente estruturada é caracterizada por uma organização cuidadosa, minuto a minuto, de atividades de estudo para ajudar os estudantes que estão no espectro autista a seguir uma progressão predeterminada. Quanto mais estruturada é a programação de um laboratório remoto, menor será o diálogo professor-estudante, ou seja, a distância transacional resultante que ocorre entre os estudantes e os professores também será aumentada (MOORE, 1993).

Nesse sentido, um conteúdo estruturado de forma eficiente é aquele que utiliza tecnologias recentes e promove maior interação numa aprendizagem *on-line* eficaz, a fim de reduzir os aspectos que impedem uma aprendizagem significativa. Como visto, a distância transacional é diretamente proporcional à estrutura e inversamente proporcional à interação, ou seja, quanto maior o envolvimento na experimentação remota, mais baixo seria o nível de sentimento psicológico de separação (WEI *et al.*, 2019). Nesse sentido, maior autonomia do estudante implica menos estrutura necessária para reduzir a distância transacional (MOORE; KEARSLEY, 2012).

Em comparação com o aprendizado tradicional, o aprendizado *on-line* geralmente ocorre por meio da visualização de vídeos pré-gravados pela internet. No entanto, atualmente os recursos vão além: as plataformas *on-line*, cujo uso foi amplamente disseminado durante a pandemia, são altamente flexíveis e permitem ambientes de aprendizagem interativos (ROACH; ATARDI, 2021), tornando-se uma ferramenta útil para o ajuste das relações que envolvem a distância transacional.

A teoria em comento enquadra a aprendizagem como uma série de transações entre discentes e outros indivíduos ou componentes do projeto (MOORE, 1993). As três primeiras interações que um estudante encontra em uma aprendizagem no ambiente *on-line* incluem: interações com o conteúdo do programa (por exemplo, materiais de leitura, recursos multimídia), com o instrutor (como aulas gravadas

ou em vídeo ao vivo) e interações entre seus pares. Moore (1989) define estas três interações¹ como estudante-conteúdo, estudante-professor e aprendiz-aprendiz, respectivamente. Já o conteúdo de aprendizagem (ACHUTHAN *et al.*, 2020), denominado interatividade, deve ser compreendido como a comunicação entre o sistema tecnológico e o aluno (difere da interação, vista como a comunicação entre duas ou mais pessoas).

Em um laboratório físico, a aprendizagem ocorre pela interatividade dos alunos com o laboratório (experimento) e sua interação com os colegas e/ou o professor. Nos laboratórios remotos, a interatividade e a interação aliam-se à autonomia: os alunos são capazes tanto de, em tempo real, controlar o experimento quanto de visualizar a transmissão ao vivo da experimentação. Além disso, eles também têm a facilidade de baixar e analisar os dados, de repetir experimentos de acordo com a necessidade, absorvendo o conteúdo educacional de uma forma mais apropriada. É possível ainda ter a presença física, ou mesmo *on-line*, do professor ou dos pais.

São inúmeros os laboratórios, experimentos e métodos de acesso. O Quadro 2 identifica alguns exemplos de laboratórios remotos usados por instituições de ensino em todo o mundo.

Quadro 2 - Exemplos de laboratórios remotos

Laboratório remoto	Desenvolvido por	Informação on-line
WebLab-Deusto	Universidade de Deusto	http://weblab.deusto.es/website/
VISIR (Virtual Instrument Systems in Reality)	Instituto de Tecnologia Blekinge (BTH)	http://www2.isep.ipp.pt/visir/
The Grid of OnlineLab Devices II-menau	Technische Universität Ilmenau (TU Ilmenau)	http://goldi-labs.net/
NetLab	University of South Australia	http://netlab.unisa.edu.au/index.xhtmll
Remote Labs	University of Technology Sydney	https://remotelabs.eng.uts.edu.au/
Lab Share	The Labshare Institute	https://remotelabs.eng.uts.edu.au/
UNILABS	Consortium of Universities in Spain	http://unilabs.dia.uned.es/
Internet Accessible Remote Laboratories	Northern Illinois University	http://niu.edu/remotelab/
RExLab	University of Santa Catarina	https://rexlab.ufsc.br/

Fonte: adaptado de Grout (2017)

¹ Faz-se mister esclarecer que o diálogo individual, nesse contexto, se refere à interação entre o assunto e o material de aprendizagem, enquanto o diálogo social se refere à interação entre duas ou mais pessoas.

Há benefícios consideráveis vinculados aos laboratórios remotos: maior flexibilidade, menores custos e maiores recursos de compartilhamento. Nesses laboratórios, os experimentos são realizados individualmente e podem ser repetidos até que uma clareza real sobre o assunto seja obtida. A maior individualização e a interação estudante-máquina fornecidas por experimentação individual com o equipamento e a flexibilidade adicional de repetição de experimento sem restrição de tempo ajudam a reduzir a distância transacional.

Um sistema dessa natureza é visto como a solução ideal para o aprendizado a distância, no qual os alunos não são capazes de acessar as instalações físicas das instituições em razão da distância, do tempo ou de outras restrições, como ocorreu no auge da pandemia da covid-19 (JO, H.; JO, R., 2020).

No que diz respeito à eficácia do ensino dos estudantes com autismo, os laboratórios remotos podem ser ferramentas de simulações e experimentos virtuais promissores no processo de intervenção desses estudantes (ALVES *et al.*, 2020). Diversos estudos mostram que a maioria das pessoas com TEA tem uma afinidade natural com a tecnologia e uma atitude positiva para uma formação baseada em computador (ANDRUNYK *et al.*, 2019).

De forma geral, existem várias vantagens práticas no uso da tecnologia no ensino de estudantes com TEA, incluindo potencial para fornecer intervenções personalizadas adequadas para uma ampla variedade de habilidades, possibilidade de ser utilizada em diferentes velocidades e locais, além de ter as repetições que as pessoas com TEA necessitam (GROUT, 2017).

Os laboratórios remotos podem auxiliar no dia a dia por meio de *softwares* que ajudem quem tem autismo a conseguir cumprir tarefas sociais, a entender a linguagem não verbal, a ser alfabetizado, a aumentar a motivação ou o interesse por atividades pedagógicas ou acadêmicas, a internalizar rotinas e regras, a auxiliar na percepção do tempo e do espaço, a proteger de sons ou estímulos visuais indesejados, além de acalmá-los quando eles devem se dirigir a estabelecimentos comerciais ou em momentos de lazer em família, entretendo-os (BRITES, 2019).

Assim, além do aprendizado por meio da alta acessibilidade e da flexibilidade para fazer e refazer os experimentos remotos junto com sessões interativas com colegas e professores, tal configuração de laboratório pode contribuir para a melhoria da aprendizagem de estudantes com autismo, uma vez que as interações que fazem parte do processo de aprendizagem podem ajudar a melhorar a compreensão conceitual desses estudantes.

Diante disso, fica evidente afirmar que os laboratórios, nesses casos, são de suma importância porque trarão ao estudante autista maior comodidade na aprendizagem. O laboratório remoto certamente

fará com que sejam reduzidas as dificuldades encontradas por eles durante as interações entre professor e estudantes à medida que se comunicam por meio de uma tecnologia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário atual da educação apresenta novos desafios, que exigem a combinação de estratégias e ferramentas com uma visão mais sustentável. Nesse cenário, o experimento remoto permite superar alguns obstáculos e limitações enfrentadas por laboratórios físicos e pelo modelo tradicional de ensino, que foca nos estudantes de um modo geral e não atende, em muitos casos, as suas individualidades, reduzindo, assim, a acessibilidade da oferta educacional.

Os laboratórios remotos são mais do que apenas recursos educacionais avançados. Seu potencial é útil para a internacionalização da educação, uma vez que fornecem a oportunidade de compartilhar conhecimento, equipamentos especializados e *software*, formulando, assim, experimentações que podem ser fornecidas a uma ampla gama de estudantes e centros de ensino do mundo inteiro.

Tais laboratórios podem, ainda, ser personalizados, de modo a atender as necessidades do indivíduo que os estão utilizando. No caso das pessoas que têm TEA, podem atuar de forma direta nas habilidades que precisam ser desenvolvidas por pessoas que estão dentro do grupo, considerando as especificidades dessa classe.

O uso de laboratórios remotos como recurso educacional oferece aos estudantes com necessidades educacionais especiais, incluídos os estudantes dentro do espectro autista, a oportunidade de obter experiências práticas valiosas em diferentes áreas de conhecimento, sentir seu envolvimento no processo educacional e obter motivação para continuar desenvolvendo novos conhecimentos e habilidades em diferentes cenários no processo de ensino e aprendizagem, além de melhorar os métodos educacionais tradicionais, atuando como uma tecnologia assistiva eficiente e eficaz que poderá ser implementada no âmbito da educação especial.

No que tange à interpretação dos laboratórios remotos à luz da teoria da distância transacional, verificou-se, por meio deste estudo, que essa ferramenta tecnológica, por suas particularidades, pode reduzir os efeitos dessa distância, por ser um recurso que promove conjuntamente a interação e a interatividade.

Os resultados do presente estudo permitirão a compreensão dos conceitos experimentais e habilidades que influenciam nos resultados educacionais advindos do uso dos laboratórios remotos, bem

como mostrará as variáveis que influenciam um ambiente de aprendizagem eficaz e individualizado aos estudantes com TEA.

Nesse sentido, os laboratórios remotos podem ser uma ferramenta útil no processo de intervenção desses estudantes, uma vez que a maioria das pessoas com TEA tem uma afinidade natural com a tecnologia e uma atitude positiva, mas o processo é lento, necessita de conhecimento, disciplina e preparação metodológica para aprofundar os conteúdos relacionados à experimentação durante as aulas.

Por fim, ainda há muitos desafios a serem enfrentados em pesquisas futuras para a utilização da experimentação remota como auxílio nos processos de ensino e aprendizagem de crianças autistas.

REFERÊNCIAS

ACHUTHAN, K.; KOLIL, V. K.; DIWAKAR, S. Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. **Education and Information Technologies**, v. 23, n. 6, p. 2499-2515, nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9727-1>. Acesso em: 21 out. 2021.

ACHUTHAN, K. *et al.* Remote triggered dual-axis solar irradiance measurement system. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 56, n. 2, p. 1742-1751, mar./abr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TIA.2020.2966156>. Acesso em: 10 out. 2021.

ACHUTHAN, K. *et al.* Impacto da experimentação remota, interatividade e eficácia da plataforma nos resultados de aprendizagem em laboratório. **Int J Educ Technol High Educ**, v. 18, n. 1, p. 38, jul. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00272-z>. Acesso em: 15 out. 2021.

AGUILERA-HERMIDA, A. P. College students' use and acceptance of emergency online learning due to COVID-19. **International Journal of Educational Research Open**, v. 1, p. 100011, set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2020.100011>. Acesso em: 10 out. 2021.

ALAM, E. *et al.* An IoT-Belief Rule Base Smart System to Assess Autism. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE ENGENHARIA ELÉTRICA E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (ICEEICT), 4. 2018. **Anais [...]**. Dhaka, Bangladesh, set. 2018, p. 672-676. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CEEICT.2018.8628131>. Acesso em: 19 out. 2021.

ALVES, F. Jr. *et al.* Análise do comportamento aplicada para o tratamento do autismo: uma revisão sistemática de tecnologias assistivas. **IEEE Access**, v. 8, p. 118664-118672, jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3005296>. Acesso em: 27 out. 2021.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais [recurso eletrônico]: DSM-5/** [American Psychiatric Association; tradução NASCIMENTO, Maria Inês Corrêa *et al.*]; revisão técnica: Aristides Volpato Cordioli *et al.* – 5.ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Artmed, 2014. 992p. Disponível em: https://www.academia.edu/38687859/AMERICAN_PSYCHIATRIC_ASSOCIATION_DSM_5. Acesso em: 27 out. 2021.

ANDRUNYK, V. *et al.* Modelagem do sistema de recomendação para a síntese de complexos de informação e tecnologia para a educação de alunos com autismo. IEEE - CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO E TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO (CSIT), 14. 2019. **Anais [...]**. Lviv, Ucrânia, n. 3, p. 183-186, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2019.8929776>. Acesso em: 25 out. 2021.

BRITES, C. Como a tecnologia pode auxiliar crianças com autismo. Tendência em Educação. **Jornada Edu.**, fev. 2019. Disponível em: <https://jornadaedu.com.br/tendencias-em-educacao/criancas-com-autismo/>. Acesso em: 26 out. 2021.

DELGATY, L. Transactional distance theory: A critical view of the theoretical and pedagogical underpinnings of e-learning. **Interactive multimedia-multimedia production and digital storytelling**, London, United Kingdom, nov. 2018, 228p. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/intechopen.81357>. Acesso em: 10 out. 2021.

GROUT, I. Remote Laboratories as a Means to Widen Participation in STEM Education. This article belongs to the Special Issue Teaching and Learning in STEM Education. **Education Sciences**, v. 7, n. 4, p. 85, nov. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci7040085>. Acesso em: 17 out. 2021.

HERADIO, R. *et al.* Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis. **Computers & Education**, v. 98, p. 14-38, July 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.010>. Acesso em: 26 out. 2021.

HUSNAINI, S. J.; CHEN, S. Efeitos de laboratórios virtuais e físicos de investigação guiada na compreensão conceitual, desempenho da investigação, autoeficácia da investigação científica e prazer. **Phys. Rev. Phys. Educ. Res.**, v. 15, n. 1, p. 010119, mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010119>. Acesso em: 17 out. 2021.

JO, H. S.; JO, R. S. Design and Development of Remote Laboratory System to Facilitate Online Learning in Hardware Programming Subjects. **INTERNATIONAL UNIMAS ENGINEERING CONFERENCE (ENCON)**, 13. 2020. **Anais [...]**. Kota Samarahan, Malásia, Oct. 2020, p.1-5. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/encon51501.2020.9299326>. Acesso em: 30 out. 2021.

KHULLAR, V.; SINGH, H. P.; BALA, M. Acompanhante Assistivo baseado em IoT para Indivíduos Hipersensíveis (ACHI) com Transtorno do Espectro do Autismo, 2019. **Jornal Asiático de Psiquiatria**, v. 46, p. 92-102, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ajp.2019.09.030> Acesso em: 10 out. 2021.

KOHLI, M.; KOHLI, S. Avaliação eletrônica e currículo de treinamento com base em procedimentos de análise de comportamento aplicados para treinar familiares de crianças diagnosticadas com autismo. **IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)**, Agra, India, p. 1-6, dez. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/R10-HTC.2016.7906785>. Acesso em: 25 out. 2021.

KOLIL, V. K.; MUTHUPALANI, S.; ACHUTHAN, K. Virtual experimental platforms in chemistry laboratory education and its impact on experimental self-efcacy. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 17, n. 30, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00204-3>. Acesso em: 11 out. 2021.

MOORE, M. G. Editorial: Three types of interaction. **American Journal of Distance Education**, v.3, n.2, p.1-7, jan. 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08923648909526659> Acesso em: 20 out. 2021.

MOORE, M.G. Editorial: Distance education theory. **American Journal of Distance Education**, v. 5, n. 3, p. 1-6, set. 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08923649109526758>. Acesso em: 18 out. 2021.

MOORE, M. G. Teoria da Distância Transacional. *In*: KEEGAN, Desmond Princípios Teóricos de Educação a Distância. Tradução de Wilson Azevedo e revisão de tradução de José Manuel da Silva, 1993, 16 p. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, Publisher: Associação Brasileira de Educação a Distância São Paulo, v. 1, 2002. DOI: <https://doi.org/10.17143/rbaad.v1i0.111>. Disponível em: <http://seer.abed.net.br/index.php/RBAAD/article/view/111>. Acesso em: 19 out. 2021.

MOORE, M. G. A teoria da distância transacional. *In*: MOORE M. Gr.; DIEHL, W. C. (ed.). **Manual de educação a distância**. 4. ed. jul. 2019, p. 32-46, 606 p. Nova York (NY): Routledge. eBook

ISBN9781315296135. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781315296135>. Acesso em: 29 out. 2021.

MOORE, M. G.; KEARSLEY, G. Distance education: a systems view of online learning. Belmont, CA, Wadsworth Cengage Learning, 2012, 361 p., (paperback), ISBN: 978-1-111-52099-1. **Educational Review**, Belmont, California, v. 72, n. 6, maio 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00131911.2020.1766204>. Acesso em: 26 out. 2021.

NEDUNGADI, P. *et al.* Pedagogical Support for Collaborative Development of Virtual and Remote Labs: Amrita VLCAP. In: Michael, E. A. *et al.* (ed.). Springer International Publishing AG, part of Springer Nature. **Cyber-Physical Laboratories in Engineering and Science Education**, p. 219-240, Springer 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-76935-6_9. Acesso em: 22 out. 2021.

OMS. **Doença por coronavírus (COVID-19) organização de saúde mundial pandêmica 2020**. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/04/1581881-oms-afirma-que-autismo-afeta-uma-em-cada-160-criancas-no-mundo>
<https://lunetas.com.br/autismo-no-censo/>. Acesso em: 17 out. 2021.

PASCALIS, T.; WOLF, M.; FRERICH, S. Remote Lab meets Virtual Reality – Enabling immersive access to high tech laboratories from afar. **Procedia Manufacturing**, v. 43, p. 25-31, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.104>. Acesso em: 25 out. 2021.

QAYYUM, A.; ZAWACKI-RICHTER, O. (ed.). **Open and distance education in Australia, Europe, and the Americas**: National perspectives in a digital age, Chapter 1, p.1-8, 2018, 131 p. Singapore: Springer Nature. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0298-5>. Acesso em: 26 out. 2021.

ROACH, V. A.; ATARDI, S. M. Doze dicas para aplicar a Teoria da Distância Transacional de Moore para otimizar o ensino online. **Professor de Medicina**, p. 1-7, abril 2021. Disponível: doi: 10.1080/0142159x.2021.1913279. Acesso em: 19 out. 2021.

SEAMAN, Julia. E.; ALLEN, I. E.; SEAMAN, Jeff. **Grade increase**. Tracking distance education in the United States. Babson Park (MA): Babson Survey Research Group, 2018. Disponível em: <https://onlinelearningsurvey.com/reports/gradeincrease.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.

SHI, Y. *et al.* Uma IoT vestível experimental para gerenciamento do autismo baseado em dados. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS E REDES DE COMUNICAÇÃO (COMSNETS),

9. **Anais [...]**. Bengaluru, India, jan. 2017, p. 468-471. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/comsnets.2017.7945435>. Acesso em: 28 out. 2021.

THO, S. W.; YEUNG, Y.-Y. Technology-enhanced science learning through remote laboratory: System design and pilot implementation in tertiary education. **Australasian Journal of Educational Technology**, Melbourne, Australia, v. 32, n. 3, p. 96-111, jul. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.14742/ajet.2203>. Acesso em: 19 out. 2021.

TIRADO-MORUETA, R. *et al.* Exploratory study of the acceptance of two individual practical classes with remote labs, 2018. **European Journal of Engineering Education**, v. 43, n. 2, p. 278-295, Published online: 17 Aug 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1363719>. Acesso em: 10 out. 2021.

TULHA, C. N.; CARVALHO, M. A. G.; COLUCI, V. R. Uso de Laboratórios Remotos no Brasil: uma revisão sistemática. **Revista Informática na educação: teoria & prática**, v. 22, n. 2, out. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1982-1654.90543>. Acesso em: 18 out. 2021.

VOSS, C. *et al.* Superpower glass: delivering unobtrusive real-time social cues in wearable systems, 2016. UBICOMP '16: ACM INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON PERVASIVE AND UBIQUITOUS COMPUTING: ADJUNCT, 16. **Proceedings [...]**. Heidelberg, Germany, p. 1218-1226., Sept. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2968219.2968310>. Acesso em: 4 out. 2021.

WEI, J. *et al.* Understanding interactions in face-to-face and remote undergraduate science laboratories: a literature review. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, v. 1, n. 14, dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0015-8>. Acesso em: 26 out. 2021.

WICK, C. F. *et al.* Requisitos para projetos de computação vestível para crianças autistas com base no Design Centrado no Humano. **Human Factors in Design**, Florianópolis, v. 9, n. 17, p. 122-136, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5965/2316796309172020122>. Acesso em: 24 out. 2021.

ZAPPATORE, M.; LONGO, A.; BOCHICCHIO, M. A. A coleção de referência bibliográfica GRC2014 para a comunidade de Pesquisa de Laboratório Online. CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ENGENHARIA REMOTA E INSTRUMENTAÇÃO VIRTUAL (REV), 12. 2015. **Anais [...]**. Bangkok, Tailândia, p. 24-31, abr. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/REV.2015.7087258>. Acesso em: 18 out. 2021.