

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - MG**

**KLEYTON D'MARTIN COSTA**

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA COLETA DE DADOS PARA  
ANÁLISE DE APRENDIZAGEM MOTORA**

**ALFENAS - MG**

**2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - MG**

**KLEYTON D'MARTIN COSTA**

**COLETANDO DADOS PARA ANÁLISE DE APRENDIZAGEM MOTORA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação pelo Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciência da Computação.

Orientador: Paulo Alexandre Bressan

**ALFENAS - MG**

**2022**

**KLEYTON D'MARTIN COSTA**

**COLETANDO DADOS PARA ANÁLISE DE APRENDIZAGEM MOTORA**

A banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação/Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciência da Computação.

Aprovada em 30 de agosto de 2022

Prof<sup>a</sup>. Dra. Mariane de Souza

Assinatura:

Prof<sup>a</sup>. Adriana Aparecida de Ávila

Assinatura:

Prof. Dr. Paulo Alexandre Bressan

Assinatura:

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Unidade Educacional Santa Clara

Costa, Kleyton D'Martin.

Coletando dados para análise da aprendizagem motora / Kleyton  
D'Martin Costa. - Alfenas, MG, 2022.  
34 f. : il. -

Orientador(a): Paulo Alexandre Bressan.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação)  
- Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2022.  
Bibliografia.

1. Dispositivos móveis. 2. Trail Making Test. 3. Aprendizagem motora. 4.  
Fisioterapia. 5. Computação. I. Bressan, Paulo Alexandre, orient. II. Título.

## RESUMO

Os aplicativos para dispositivos móveis abrangem várias finalidades em diversas áreas de aplicação atualmente. Uma dessas áreas é a saúde, que envolve uma enorme gama de aplicações. O objetivo desse trabalho é auxiliar a coleta de dados em testes de aprendizagem motora, importante para a área de fisioterapia, e para isso foi desenvolvido um aplicativo feito para dispositivos móveis que simula o Teste de Trilhas (*Trail Making Test*). Por meio de uma sequência de pontos, a pessoa forma um percurso na tela do aplicativo, onde o tempo de execução e o número de erros do teste são coletados em dois tipos diferentes de trilhas: um feito com uma sequência de números e outro com uma sequência de números e letras. Esses dados podem então ser relacionados com o nível de ansiedade das pessoas testadas, para então se obter um perfil psicológico dos grupos que executarem o teste no aplicativo descrito.

**Palavras-chave:** Android; Computação; Dispositivos móveis; Fisioterapia; Aprendizagem motora; Teste de Trilhas.

## **ABSTRACT**

Applications for mobile devices cover many purposes in many application areas today. One of these areas is healthcare, which involves a huge range of applications. The objective of this work is to assist in the collection of data in motor learning tests, important for the area of physiotherapy, and for that an application was developed for mobile devices that simulates the Trail Making Test. Through a sequence of points, the person forms a route on the application screen, where the execution time and the number of test errors are collected in two different types of trails: one made with a sequence of numbers and the other with a sequence of numbers and letters. These data can then be related to the anxiety level of the people tested, in order to obtain a psychological profile of the groups that perform the test in the described application.

**Keywords:** Android; Computing; Mobile devices; Physiotherapy; Motor learning; Trail Making Test.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Telas do aplicativo GonioApp.....	12
Figura 2: Tela do aplicativo de <i>follow-up</i> .....	13
Figura 3: Telas do aplicativo FISIOSPITAL.....	13
Figura 4: Telas do aplicativo PhisioPlay.....	14
Figura 5: O Octalysis de Yu-Kai Chou, mostrando os oito Core Drivers .....	15
Figura 6: Exemplo de TMT .....	19
Figura 7: Tela Inicial .....	22
Figura 8: Telas de Orientações e de Escolha de Ambiente .....	22
Figura 9: Ambiente 1 da Trilha 1 .....	23
Figura 10: Ambiente 1 da Trilha 1 .....	24
Figura 11: Tela Final e Tela de Resultados.....	25
Figura 12: Ambientes 2 e 3 da Trilha 1 .....	31
Figura 13: Ambiente 4 da Trilha 1 .....	31
Figura 14: Ambientes 5 e 6 da Trilha 1 .....	32
Figura 15: Ambiente 7 da Trilha 1 .....	32
Figura 16: Ambiente 8 da Trilha 1 .....	33
Figura 17: Tela de Orientações da Trilha 2 .....	33
Figura 18: Ambiente 1 da Trilha 2 .....	34
Figura 19: Ambientes 2 e 3 da Trilha 2 .....	35
Figura 20: Ambientes 4 e 5 da Trilha 2 .....	35
Figura 21: Ambiente 6 da Trilha 2 .....	36
Figura 22: Ambientes 7 e 8 da Trilha 2 .....	36

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Dados experimentais obtidos com o uso do aplicativo no grupo 1 .....	26
Tabela 2: Dados experimentais obtidos com o uso do aplicativo no grupo 2 .....	26

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>11</b>
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS .....</b>	<b>11</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
4.1 GAMIFICAÇÃO .....	15
4.2 APRENDIZAGEM MOTORA.....	17
4.2.1 Avaliação da aprendizagem motora pelo teste de trilhas.....	18
<b>5 OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>6 METODOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
6.1 FUNCIONAMENTO DO APLICATIVO .....	21
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>8 CONCLUSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>9 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>28</b>
<b>ANEXO A – TELAS DO APLICATIVO “TESTE DE TRILHAS” .....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis hoje abrange inúmeras áreas do conhecimento e nos garante recursos com as mais variadas finalidades. Dentre essas finalidades, está incluso o uso de aplicativos na área da saúde, para auxiliar profissionais e pesquisadores da área, seja no diagnóstico, na consulta de informações e na coleta e análise de dados (MENDEZ, 2019).

A fisioterapia é uma área que pode ser beneficiada com o uso desses aplicativos pois, em muitos estudos fisioterapêuticos, é necessário coletar dados para análises qualitativas e quantitativas, o que pode apresentar dificuldades quando é necessário fazer experimentos para um número considerável de pessoas. O uso de aplicativos em dispositivos móveis é uma alternativa para contornar esse problema, pois permite fazer cálculos automáticos, coletar dados remotamente e oferece uma interação com os indivíduos que serão analisados.

Como a área da Fisioterapia envolve inúmeros casos possíveis, temos uma ampla possibilidade de desenvolvimento de aplicativos específicos, em áreas que ainda não foram trabalhadas nesse aspecto. Uma dessas possibilidades, que será abordada neste trabalho, é a criação de uma aplicação que trabalha com a aprendizagem motora baseada no *Trail Making Test* ou Teste de Trilhas, que é um teste simples, originalmente feito com papel e caneta, mas que tem um grande poder de obtenção de informações.

A gamificação é outro ponto a ser considerado pois, uma vez que um teste possa adquirir a forma de um jogo eletrônico, vários aspectos neurológicos e comportamentais de uma pessoa podem ser revelados. Com base em uma análise quantitativa com os dados obtidos no aplicativo, é possível fazer uma análise com um determinado grupo de pessoas e assim obter um perfil sob determinado aspecto (ansiedade, atenção etc.).

Este trabalho foi feito em parceria com o curso de Fisioterapia da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG), com a ex-aluna do curso de Mestrado em Ciências da Reabilitação Ana Karolina Aparecida Silva, que hoje já se encontra formada ao defender sua tese feita com a ajuda desse projeto.

Nos capítulos seguintes estão a justificativa desse trabalho (capítulo 2), o referencial bibliográfico (capítulo 3), o referencial teórico (capítulo 4) com subseções sobre gamificação (subcapítulo 4.1), aprendizagem motora (subcapítulo 4.2), com outra subseção sobre a descrição do Teste de Trilhas (subcapítulo 4.2.1). A seguir temos um capítulo com os objetivos (capítulo 5), a metodologia utilizada (capítulo 6) com uma revisão sobre o funcionamento do aplicativo (subcapítulo 6.1) e por fim temos os resultados e a discussão (capítulo 7), a conclusão (capítulo 8) e as referências bibliográficas (capítulo 9). No final deste documento encontra-se um anexo com as telas do aplicativo (Anexo A).

## **2 JUSTIFICATIVA**

Este trabalho tem uma contribuição significativa para experimentos de fisioterapia, uma vez que poucos aplicativos foram feitos com esse intuito até o presente momento, de acordo com a pesquisa bibliográfica que foi feita. Neste trabalho foi desenvolvido um aplicativo com o propósito de coletar dados para uma pesquisa sobre aprendizagem motora e níveis de ansiedade, sendo assim possível relacionar os dados obtidos com o aplicativo com dados obtidos em um teste de ansiedade, para obter uma análise precisa sobre a amostra.

O uso de aplicativos tem a vantagem de fazer uma coleta automática de dados, pois ele registra os dados em tempo real, de acordo com as ações do usuário. Isso traz o benefício de obter dados com maior precisão, e também facilita a coleta para grandes grupos de pessoas, uma vez que cada pessoa pode fazer o uso do aplicativo em seu próprio dispositivo.

Dessa forma, há uma ampla gama de possibilidades de desenvolver aplicativos de acordo com os experimentos a serem feitos, e assim, como foi feito com este, será possível uma coleta de dados mais precisa e otimizada, de forma a fazer análises cada vez mais precisas e obter maior sucesso nos experimentos.

## **3 TRABALHOS RELACIONADOS**

Muitos estudos já foram feitos com a finalidade de auxiliar tanto na fisioterapia como também na área da saúde em geral, mas para casos específicos. Em seguida são citados três exemplos.

SILVA et al. (2017) propõe a construção de um aplicativo móvel de goniometria para ajudar fisioterapeutas e profissionais na área a obterem dados referentes à amplitude de movimento articular (ADM). O *GonioApp* é um aplicativo que mede os ângulos de articulação do corpo assim como um goniômetro universal.

Figura 1: Telas do aplicativo GonioApp



Fonte: SILVA, 2017

MENDEZ et al. (2019) apresenta um aplicativo educativo e de acompanhamento (*follow-up*) de enfermagem para pacientes com diagnóstico de doença arterial periférica, baseado em um levantamento das necessidades desses pacientes e em tratamentos recomendados pela respectiva literatura. Ele foi feito a partir de informações sobre conceitos; fatores de risco; sinais e sintomas; tratamento; medicamentos; dúvidas frequentes e; cuidados necessários com a saúde. Também se baseou no acompanhamento dos pacientes, feito por meio da “monitorização da evolução do processo cicatricial das lesões e possíveis complicações” (MENDEZ, 2019).

Figura 2: Tela do aplicativo de *follow-up*

Fonte: MENDEZ, 2019

GONÇALVES (2017) avalia o uso do aplicativo “FISIOSPITAL” no processo de educação em fisioterapia na Atenção Primária à Saúde. Este aplicativo tem por finalidade apresentar informações ao profissional sobre fisioterapia respiratória, divididas em 10 abas. No estudo foi possível verificar que o aplicativo foi bastante útil, sendo este testado por 15 fisioterapeutas, que o avaliaram e deram um *feedback* muito positivo.

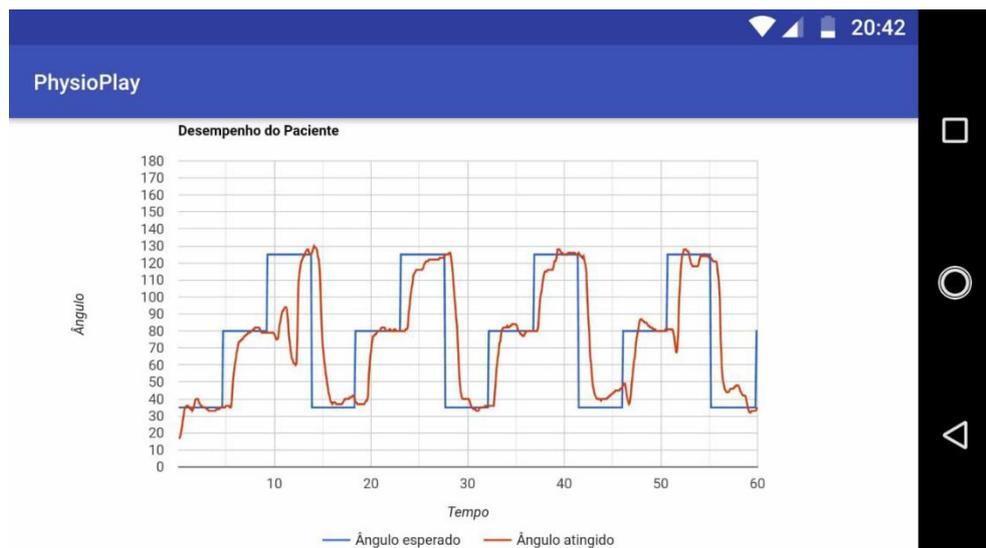
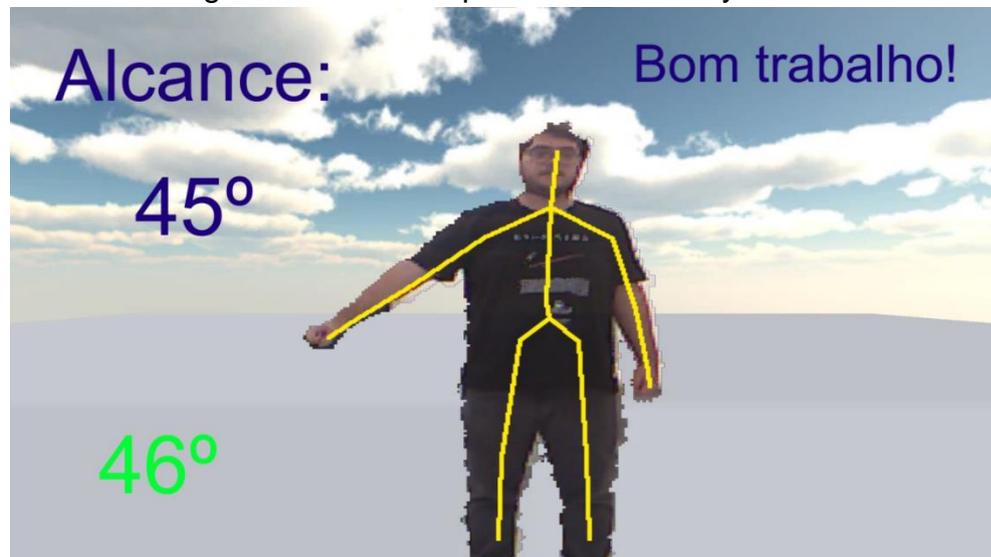
Figura 3: Telas do aplicativo FISIOSPITAL



Fonte: GONÇALVES, 2017

FERREIRA et al. (2022) utilizam o software *PhysioPlay* para a avaliação proprioceptiva da articulação do ombro, em que uma pessoa realiza um movimento de abdução com o braço, inclinando-o em ângulos de  $45^\circ$  e  $90^\circ$ , e então esses movimentos são captados por um equipamento de dinamometria isocinética. O *PhysioPlay* foi desenvolvido inicialmente utilizando o dispositivo Kinect®, que captava os movimentos da pessoa (SANTOS, 2012). Seu propósito é a utilização para reabilitação em pacientes com problemas de alteração neuromotora, a partir de exercícios para melhorar a postura e melhorar a movimentação.

Figura 4: Telas do aplicativo PhysioPlay



Fonte: FAZIO, 2019

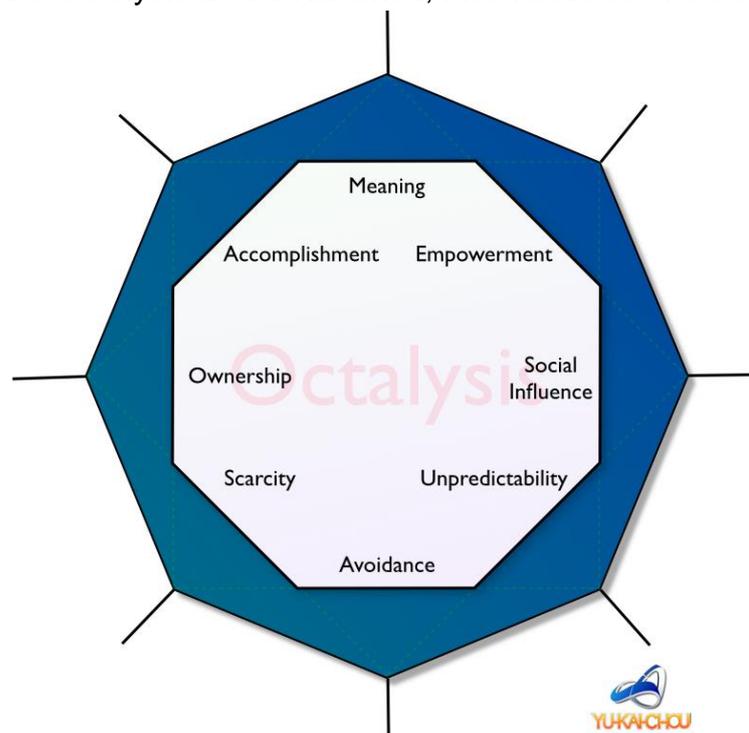
## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 GAMIFICAÇÃO

A gamificação (do inglês *gamification*) é uma técnica utilizada para facilitar uma experiência através de jogos (games), podendo ser ela um experimento para obtenção de dados, um método para aprendizagem etc. Atualmente essa técnica é usada essencialmente com jogos eletrônicos, através de dispositivos como celulares, computadores, *tablets* etc.

CHOU (2016), em seu livro *Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards*, mostra um *design* de *framework* que ele chama de *Octalysis* (figura 5), em que ele especifica em 8 unidades principais (*core drivers*) os aspectos da gamificação que motivam uma pessoa a jogar um jogo. São eles: Significado Épico e Chamado (*Epic Meaning & Calling*); Desenvolvimento e Realização (*Development & Accomplishment*); Capacitação da Criatividade e Feedback (*Empowerment of Creativity & Feedback*); Propriedade e Posse (*Ownership & Possession*); Influência Social e Relacionamento (*Social Influence & Relatedness*); Escassez e Impaciência (*Scarcity & Impatience*); Imprevisibilidade e Curiosidade (*Unpredictability & Curiosity*) e; Perda e Prevenção (*Loss & Avoidance*).

Figura 5: O Octalysis de Yu-Kai Chou, mostrando os oito Core Drivers



Fonte: CHOU, 2016

A primeira unidade, Significado Épico e Chamado, diz respeito sobre quando uma pessoa acredita estar fazendo algo muito importante não só para si mesma, mas para contribuir a todos, ou também quando uma pessoa se sente “escolhida” para fazer uma ação (chamado). Como exemplo, podemos citar alguém que contribui para a Wikipédia. Ela não faz apenas por dinheiro ou satisfação própria, e sim para contribuir com toda a comunidade de usuários (significado épico) (CHOU, 2016).

A segunda unidade, Desenvolvimento e Realização, se refere à vontade que temos de progredir e melhorar cada vez mais, o que de fato acontece nos jogos à medida que um jogador avança no jogo e assim conquista seus prêmios e abre novos desafios e objetivos.

A Capacitação da Criatividade e Feedback serve para os criadores, onde eles descobrem técnicas e conteúdos novos e aplicam em suas criações, o que é válido para quem desenvolve um jogo ou quem cria um ambiente em um jogo virtual, por exemplo. Dessa forma essas pessoas precisam sempre de um *feedback* para ver os resultados de suas criações e melhorarem cada vez mais.

Propriedade e Posse são quando a pessoa se sente dona de alguma coisa e quer cada vez mais melhorá-la. Por exemplo, quando ela tem uma conta em um jogo e quer deixá-la cada vez mais completa e valiosa (aumentando de nível, conseguindo itens etc.). Assim, esse sentimento a motiva a sempre continuar no jogo.

A quinta, Influência Social e Relacionamento, fala sobre como os elementos sociais e sentimentos se aplicam. Em jogos online, por exemplo, é normal ver pessoas querendo serem aceitas em um grupo de jogadores aliados, serem admiradas e reconhecidas e até mesmo superarem outros jogadores, assim como temos motivação na vida real.

A sexta unidade, Escassez e Impaciência, fala sobre como deixar alguém com vontade de ter alguma coisa porque ela é rara, exclusiva ou inatingível no momento. O Facebook por exemplo, no início era disponível apenas para algumas escolas de prestígio, como a Harvard e, assim que foi disponibilizado para todos, sua procura foi muito alta (CHOU, 2016). Isso também faz com que uma pessoa

sempre retorne a um jogo que ela estava jogando para conseguir algo difícil que ela quer.

A sétima, Imprevisibilidade e Curiosidade, se refere ao fato de as pessoas sempre estarem curiosas para saber o que vai acontecer, uma vez que não conseguem prever o futuro. Isso é comum em filmes, livros e jogos de azar, o que motiva a pessoa a sempre continuar para satisfazer sua curiosidade.

A oitava e última unidade, Perda e Prevenção, diz respeito à motivação das pessoas de que algo ruim não aconteça, seja perder algo que foi construído com trabalho ou esforço (como uma conta em um jogo ou um perfil numa rede social com muitos seguidores), ou algo momentâneo que acontece muito raramente (como um evento em um jogo ou uma promoção).

Apesar da gamificação estar associada aos jogos eletrônicos pelo senso comum, ela é aplicada a qualquer espécie de jogo, seja em tabuleiros, telas, brincadeiras etc., desde que os usuários se sintam motivados e/ou se divirtam por meios de tais jogos, sempre visando atingir metas específicas (DALLAGNOL, 2016).

## 4.2 APRENDIZAGEM MOTORA

A aprendizagem motora é um processo de aprendizagem através de um conjunto de práticas físicas de movimento, de modo que resulte na habilidade de realizar determinada tarefa de modo cada vez mais fácil e automático. Também inclui a aquisição de habilidades novas e melhorias de habilidades já existentes (HUBNER; VOELCKER-REHAGE, 2017).

Esse processo envolve três estágios: aquisição, que se refere ao aprendizado na primeira sequência de um exercício de sequência motora, levando à uma mudança da função motora; a consolidação, que é a melhoria gradual da habilidade adquirida no primeiro estágio, levando à automatização e à seleção das ações mais efetivas na realização do processo e; a retenção ou adaptação motora, que é a preservação do movimento estável que aumenta o desempenho e estabelece o aprendizado adquirido (HUBNER; VOELCKER-REHAGE, 2017; TIAN; CHEN, 2021).

Para esse processo, são necessários o componente motor, que é responsável pela aquisição dinâmica do movimento pelo cérebro e pela integração sensório

motora; e o componente cognitivo, responsável pelo reconhecimento da sequência de movimentos. Ele também envolve a aprendizagem explícita, que ocorre com a percepção consciente da pessoa; e a aprendizagem implícita, sendo esta feita pelo subconsciente (BERA; SHUKLA; BAPI, 2021; TAKEO et al., 2021).

O ponto chave para a aprendizagem motora é a repetição. Uma tarefa sequencial, executada repetidas vezes, faz com que o cérebro crie um modelo de referência que irá aumentar cada vez mais a precisão da tarefa e aumentará o desempenho, estabelecendo assim uma habilidade motora (SILVA, 2021). A partir daí, com a prática constante, é possível executar determinada tarefa com um tempo cada vez menor e com um menor número de erros.

Para uma aprendizagem motora eficiente, também vale ressaltar que a motivação e a importância da tarefa para o indivíduo também influenciam no aprendizado. A pessoa dá maior importância à tarefa se ela for útil, interessante ou divertida a ela. A tarefa também deve ser possível de ser executada com facilidade, de acordo com as habilidades do indivíduo (CARRASCO-GONZÁLEZ; ZAPARDIEL-SÁNCHEZ; LERMA-LARA, 2021).

Entre os fatores negativos da aprendizagem motora estão as questões emocionais e a dificuldade da tarefa. A ansiedade e o nervosismo prejudicam a atenção da pessoa e dificultam a concentração ao fazer a tarefa. Tarefas muito complexas também deixam as pessoas nervosas e desmotivadas, e assim toda o processo de aprendizagem motora pode ser comprometido (NIEUWENHUYIS; OUDEJANS, 2012; YANG; PARK; SHIN, 2019).

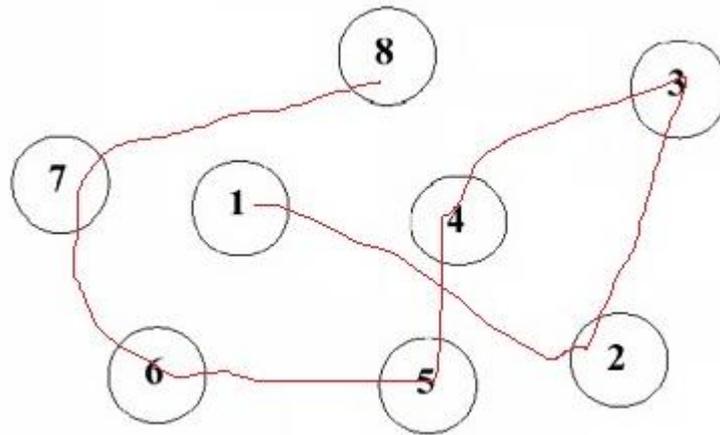
Enfim, uma vez que o processo de aprendizagem motora ocorra com sucesso, o indivíduo irá adquirir uma habilidade que também pode ser útil em outras tarefas (BONNEY et al., 2017).

#### **4.2.1 Avaliação da aprendizagem motora pelo teste de trilhas**

A aprendizagem motora envolve processos neurais e cognitivos e por isso não pode ser medida diretamente, mas pode ser estimada a partir de testes práticos, em que será possível observar e quantificar o comportamento por meio de curvas de desempenho, que são representadas graficamente (KANTAK; WINSTEIN, 2012; SHISHOV; MELZER; BAR-HAIM, 2017; SILVA et al., 2019).

O *Trail Making Test* (TMT) ou Teste de Trilhas é um teste amplamente usado para a avaliação da aprendizagem motora, sendo usado mais comumente na neurociência comportamental, para a análise de distúrbios neurológicos (SILVA, 2021). Ele também serve para avaliar processos cognitivos, como velocidade de processamento, flexibilidade cognitiva, função executiva, atenção e memória (DAHMEN et al., 2017; LIN et al., 2021; WOODS et al., 2015).

Figura 6: Exemplo de TMT



Fonte: WIKIPEDIA, 2022

A versão original do TMT é feita em folhas de papel A4 escrita em tinta preta, dividida em duas partes, o TMT-A e o TMT-B. No TMT-A, o participante deve traçar uma linha conectando círculos enumerados em uma sequência crescente (1, 2, 3, 4...), sem tirar a caneta de cima do papel, no menor tempo possível. No TMT-B ele irá fazer igualmente, mas seguindo uma sequência de letras e números (1, A, 2, B, 3, C...). O tempo limite para cada tarefa é de 300 segundos e, cada vez que o participante traçar a linha em um círculo fora da sequência, é contabilizado um erro. O tempo total e o número de erros são utilizados para avaliar cada parte do teste (FELLOWS et al. 2017; LIN et al., 2021).

Do ponto de vista clínico, a parte A está relacionada com as habilidades de busca visual e velocidade motora, enquanto a parte B está relacionada com a velocidade de processamento e habilidades cognitivas mais complexas, como por exemplo, alternar entre números e letras durante o teste (FELLOWS et al. 2017; KLAMING; VLASKAMP, 2018).

Neste trabalho foi desenvolvida uma versão digital do TMT, em que podemos observar que são aplicáveis alguns dos *core drivers* de Chou. São eles: a primeira unidade, Significado Épico e Chamado, pois o usuário se sentirá contribuindo de forma significativa para a ciência; a segunda, Desenvolvimento e Realização, pois o usuário se sente motivado ao progredir para cada ambiente no aplicativo e; a sétima, Imprevisibilidade e Curiosidade, pois o usuário, à medida que progride no teste, vai ficando mais curioso sobre como aumenta a dificuldade conforme ele avança no teste.

## **5 OBJETIVOS**

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma forma de usar uma aplicação para dispositivos móveis para estudos na fisioterapia, utilizando a técnica de gamificação, para análise de aprendizagem motora. Assim, o objetivo específico do projeto foi criar e aplicar um aplicativo Android baseada no TMT que coleta dados para análise em duas trilhas diferentes.

Na primeira trilha, o usuário irá mover o dedo sobre a tela seguindo um caminho específico determinado por vários quadrados na tela, seguindo uma sequência de números, em 8 ambientes diferentes. No segundo ele fará o mesmo, porém seguindo uma sequência de números e letras. Em ambos serão coletados a distância percorrida, o número de erros e o tempo decorrido, para cada um dos ambientes em que o usuário irá interagir.

## **6 METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento do aplicativo, foi utilizada usada a IDE “Android Studio Bumblebee 2021.1.1 Patch 2”, sendo ele feito nas linguagens de programação Java, para a lógica de programação e funcionamento do aplicativo, e em XML, para a parte de interface gráfica e layout. O sistema operacional que rodará o dispositivo é o próprio Android, sendo o aplicativo compatível com versão Android 7 (Nougat) e todas as outras posteriores.

O aplicativo se divide em dois cenários diferentes, cada um com 8 telas, para o usuário fazer o experimento. Antes do jogo começar, haverá uma tela inicial em que o usuário irá inserir seu e-mail, que ficará armazenado. Em ambos os cenários haverá um cronômetro para computar o tempo decorrido entre as execuções, que

será exibido na tela para que o usuário possa acompanhar seu tempo. No final da execução de cada uma das trilhas serão coletados o tempo levado para o usuário fazer o caminho (em milissegundos), a distância que ele percorreu com o dedo para fazer o trajeto (em pixels) e o número de erros, ou seja, quantas vezes o usuário passou em um quadrado fora da sequência. Quando o jogador cometer um erro, ele deverá refazer o caminho desde o quadrado anterior que ele acertou, mas o caminho do erro será contabilizado.

Para simular o trajeto da trilha, foi utilizada nesse aplicativo a técnica de *Drag and Drop*, em que o usuário pressiona o seu dedo sobre um ícone e o arrasta de um local a outro, seguindo a sequência definida, podendo fazer pausas ou passar por todos os pontos de uma só vez.

No final das execuções, o aplicativo irá gerar uma tabela com os resultados, mostrando o seu e-mail, o tempo gasto, o número de erros, e o tamanho do caminho percorrido, para cada um dos níveis. Por fim, nessa tela com as tabelas, haverá a opção do usuário exportar os dados para um arquivo CSV, que pode ser aberto como uma planilha no Microsoft Excel ou outra ferramenta, para facilitar o tratamento dos dados.

## 6.1 FUNCIONAMENTO DO APLICATIVO

Na tela inicial (figura 7), há um campo para o usuário inserir o seu e-mail, um botão para salvá-lo e os botões que levarão para a trilha que o usuário escolher. Ao clicar no botão “SALVAR”, o aplicativo executará uma função para validar o e-mail, verificando se ele está no formato [xxx@xxx.xx](#). Se sim, o e-mail será salvo e o usuário receberá uma mensagem dizendo “E-mail salvo” e poderá iniciar uma das trilhas. Senão, aparecerá uma mensagem dizendo "Insira um e-mail válido".

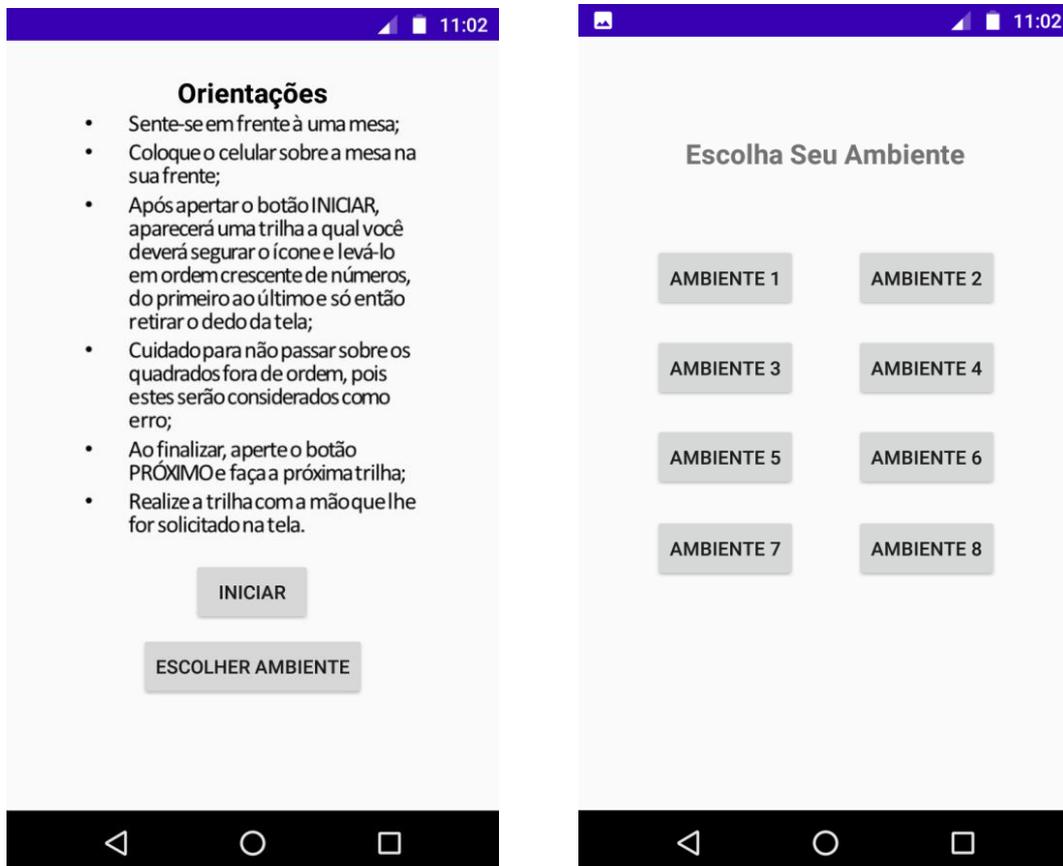
Nas telas seguintes (figura 8), temos uma tela de instruções com mais dois botões: um para começar a trilha a partir do primeiro ambiente e outro para o usuário escolher a partir de qual ambiente ele quer fazer a trilha.

Figura 7: Tela Inicial



Fonte: Do autor (2022)

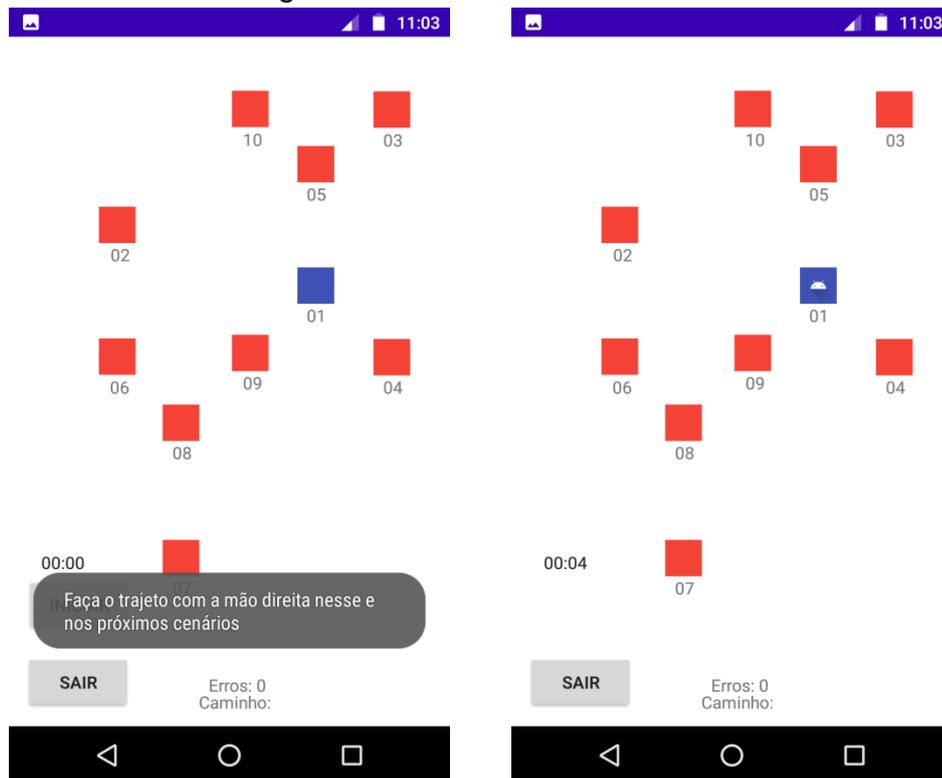
Figura 8: Telas de Orientações e de Escolha de Ambiente



Fonte: Do autor (2022)

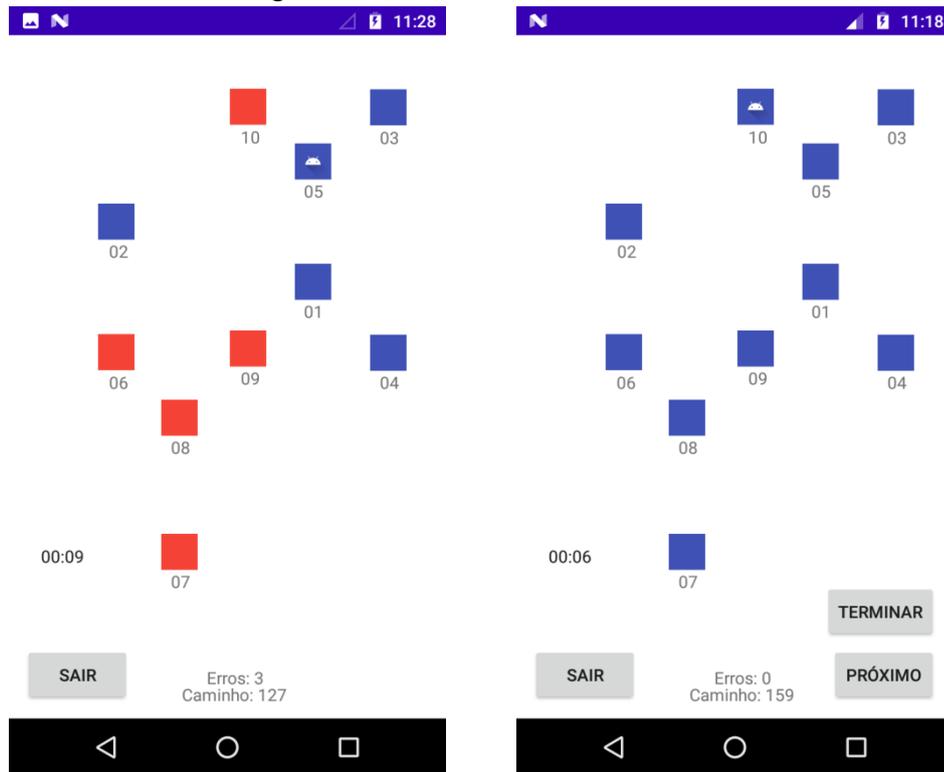
No primeiro ambiente, é exibida uma mensagem para o usuário fazer o trajeto com a mão direita. Ao clicar no botão iniciar, um cronômetro será inicializado e o ícone ficará visível, assim o usuário poderá arrastá-lo com o dedo segundo a sequência enumerada dos quadrados. Quando o usuário arrastar o ícone para um quadrado errado, será contabilizado um erro. Se o usuário soltar o ícone fora de um quadrado ou em um quadrado errado, o ícone volta para o último quadrado correto que o ícone passou. Quando o ícone passa por um quadrado na sequência correta, o quadrado muda a cor de vermelho para azul. Ao terminar a sequência neste ambiente, aparecerão dois botões: um para prosseguir para o próximo ambiente, e outro para finalizar a trilha e ir para a tela de resultados. O botão sair serve para apagar os dados das trilhas já feitas e voltar para a tela inicial.

Figura 9: Ambiente 1 da Trilha 1



Fonte: Do autor (2022)

Figura 10: Ambiente 1 da Trilha 1



Fonte: Do autor (2022)

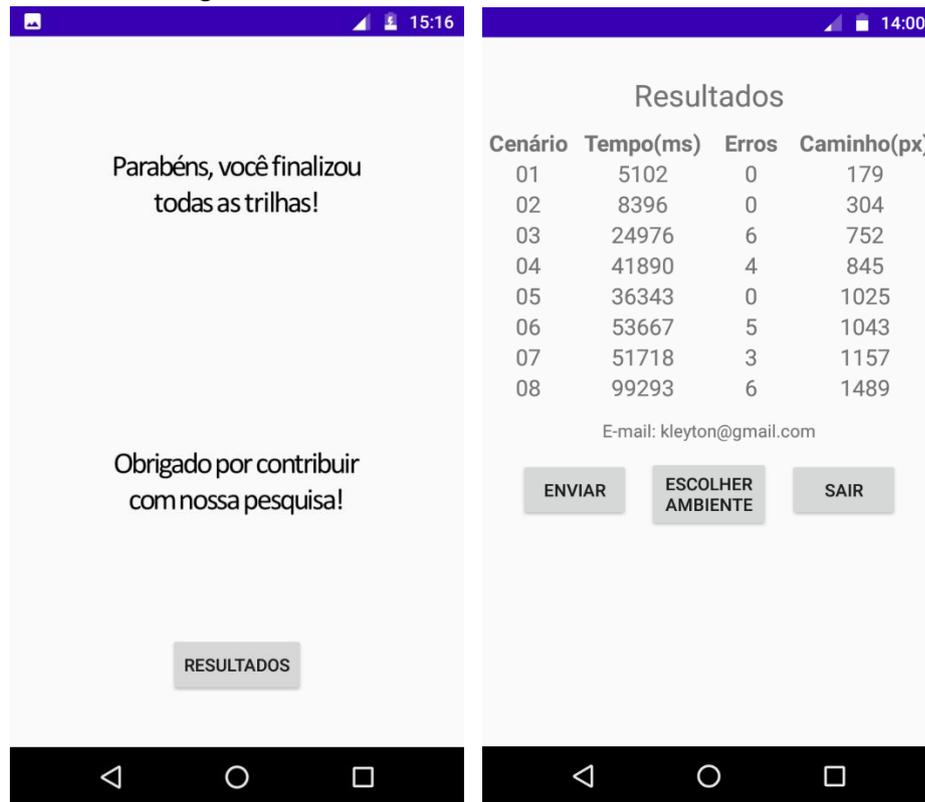
Os ambientes em diante seguem a mesma lógica, porém o número de quadrados vai aumentando de um cenário para outro (Anexo A).

O ambiente 7 é igual ao ambiente 6, porém é solicitado ao usuário fazer a trilha com a mão esquerda (Anexo A).

No ambiente 8, é solicitado ao usuário que ele faça a trilha com a mão direita novamente. O ambiente 8 é igual ao ambiente 6 espelhado e com um fundo mais escuro (Anexo A).

Ao terminar todas as trilhas, o usuário entra em uma tela de conclusão e em seguida pode prosseguir para a tela de resultados. Na tela de resultados, ele tem a opção de enviar o arquivo CSV com os dados salvos através dos aplicativos instalados em seu próprio dispositivo.

Figura 11: Tela Final e Tela de Resultados



Fonte: Do autor (2022)

Na trilha 2, o usuário deverá fazer as sequências da mesma forma, porém os quadrados estarão enumerados com números e letras alternados. Assim o usuário deverá seguir a sequência 1, A, 2, B, 3, C e assim por diante. As orientações são levemente diferentes (Anexo A).

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo foi utilizado com sucesso para o projeto para o qual foi requisitado, que foi uma tese de mestrado de uma aluna do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação, da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG). O trabalho foi aplicado em alunas do curso de Fisioterapia da UNIFAL-MG, divididas em dois grupos: o grupo 1, que utilizou a trilha 1 (apenas números), e o grupo 2, que usou a trilha 2 (letras e números), onde foi possível coletar dados e medir os níveis de ansiedade das alunas em questão.

Foram escolhidas alunas do sexo feminino por elas serem a maioria das alunas do curso de Fisioterapia e pelo fato das mulheres apresentarem maiores

níveis de ansiedade em geral, devido a diversos fatores, incluindo fatores hormonais (COSTA; SANTOS, 2020).

Observando os resultados, foi possível perceber que, conforme a pessoa ia fazendo as sequências, o tempo decorrido e o número de erros também ia aumentando de um ambiente para outro, pois a complexidade também aumentava.

Ao comparar os dois grupos, notou-se que as alunas do grupo 2 em média levaram um tempo maior para a realização da tarefa, principalmente nos ambientes 1, 4 e 6 da trilha 2. O grupo 2 dois também apresentou um maior número de erros, principalmente nos ambientes 1, 4 e 5.

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os valores de tempo e erro para os dois grupos, que são calculados utilizando a fórmula MÉDIA  $\pm$  DESVIO PADRÃO DA MÉDIA (SILVA, 2021).

Tabela 1: Dados experimentais obtidos com o uso do aplicativo no grupo 1

Ambientes	tempo	erro
1 (compreensão)	18.85 $\pm$ 9.99	0.63 $\pm$ 1.31
2 (aquisição)	23.03 $\pm$ 9.71	0.75 $\pm$ 1.24
3 (aquisição)	39.97 $\pm$ 18.32*	2.00 $\pm$ 2.19*
4 (aquisição)	55.92 $\pm$ 19.96*	2.19 $\pm$ 3.67
5 (aquisição)	80.96 $\pm$ 24.50*	3.06 $\pm$ 6.16
6 (retenção)	87.79 $\pm$ 32.78*	4.00 $\pm$ 6.28*
7 (transferência imediata - bilateral)	107.85 $\pm$ 47.18*	5.88 $\pm$ 6.58*
8 (transferência imediata - adaptação)	98.42 $\pm$ 29.23*	3.44 $\pm$ 4.30*

Fonte: SILVA, 2021

Tabela 2: Dados experimentais obtidos com o uso do aplicativo no grupo 2

Ambientes	tempo	erro
1 (compreensão)	46.54 $\pm$ 52.34	7.65 $\pm$ 11.52
2 (aquisição)	34.63 $\pm$ 13.39	0.94 $\pm$ 1.52*
3 (aquisição)	51.43 $\pm$ 18.57*	3.18 $\pm$ 4.33*
4 (aquisição)	77.55 $\pm$ 30.64*	4.82 $\pm$ 5.07*
5 (aquisição)	117.44 $\pm$ 48.75*	5.59 $\pm$ 5.64*
6 (retenção)	122.62 $\pm$ 56.30*	4.53 $\pm$ 5.54*
7 (transferência imediata - bilateral)	126.56 $\pm$ 44.71*	4.41 $\pm$ 4.02*
8 (transferência imediata - adaptação)	119.84 $\pm$ 33.88*	3.94 $\pm$ 4.37*

Fonte: SILVA, 2021

Também foi medido o nível de ansiedade das alunas por meio do teste IDATE (Inventário de Ansiedade Traço-Estado), desenvolvido por Spielberger, Gorsuch e

Lushene (1970) e traduzido para o português por Biaggio e Natalício (1977). Este é um dos instrumentos mais usados para medir a ansiedade, e se baseia nos conceitos de estado e traço de ansiedade. (SILVA, 2021).

Fazendo uma relação com o nível de ansiedade das alunas, encontrou-se um maior número de erros para os ambientes 2 e 4 no grupo 2 (trilha com números e letras), deixando claro que o nível de ansiedade é diretamente proporcional ao número de erros.

## **8 CONCLUSÃO**

Este trabalho dá uma nova perspectiva para o desenvolvimento de projetos que levem como base a análise da coordenação motora, seja em pessoas com habilidades normais ou em pessoas com algum distúrbio de coordenação, uma vez que foi possível criar uma versão em forma de aplicativo para dispositivos móveis do TMT.

Com a coleta de dados automática é possível acompanhar a evolução das pessoas em tratamentos fisioterápicos ou alterações na coordenação motora em pessoas submetidas a determinadas condições ambientes. A análise de dados também é facilitada, uma vez que o aplicativo fornece de forma precisa e completa os valores coletados pelo TMT e, assim, novos estudos podem ser feitos usando esse mesmo aplicativo.

Com base neste trabalho, novas variações desse aplicativo podem ser desenvolvidas, tanto para as versões do Android quanto em outros sistemas operacionais, utilizando os mesmos princípios, porém com funcionalidades diferentes, de acordo com os requisitos da aplicação. Este aplicativo também pode ser usado em novos experimentos, com grupos de pessoas diferentes, com o intuito de obter novos dados para outros experimentos.

## 9 REFERÊNCIAS

BONNEY, E.; JELSMA, L. D.; FERGUSON, G. D.; SMITS-ENGELSMAN, B. C. M. **Learning better by repetition or variation? Is transfer at odds with task Specific training?** PLoS ONE, [s. l.], v. 12, n. 3, 2017.

CARRASCO-GONZÁLEZ, E.; ZAPARDIEL-SÁNCHEZ, E.; LERMA-LARA, S. **Aprendizaje motor durante la realización de una tarea motora medido con resonancia magnética: una revisión sistemática.** Revista de Neurología, [s. l.], 2021.

CHOU, Y. **Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards.** British Columbia: Leanpub, 2016. Disponível em: <https://uxmx.club/wp-content/uploads/2020/05/Actionable-Gamification-Full-Book.pdf>. Acesso em 22 ago. 2022.

COSTA, A. G. S.; SANTOS, J. A. S. **Avaliação da ansiedade e da qualidade do sono em estudantes de Fisioterapia durante a pandemia da COVID-19.** 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Fisioterapia) – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2020.

DALLAGNOL, V. **Como a gamificação pode contribuir no processo da gestão de design.** 2016. Dissertação de Tese (Mestrado em Design) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2016.

DAHMEN, J.; COOK, D.; FELLOWS, R.; SCHMITTER-EDGECOMBE, M. **An analysis of a digital variant of the Trail Making Test using machine learning.** Technology and Health Care, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 251-264, 2017.

FAZIO, L. S.; SANTOS, V. H.; BRESSAN, P. A.; CARVALHO, L. C. **Physioplay: um sistema distribuído para conectar fisioterapeutas e pacientes.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2019.

FELLOWS, R. P.; DAHMEN, J.; COOK, D.; SCHMITTER-EDGECOMBE, M. **Multicomponent analysis of a digital Trail Making Test. The Clinical Neuropsychologist,** [s. l.], v. 31, n. 1, p. 154-167, 2017.

FERREIRA, H. F.; CARVALHO L. C.; BRESSAN, P. A.; SOUZA, R. A.; SIMÃO A. P.; IUNES, D. H. **Estudo de validação de um programa de computador para avaliação proprioceptiva**. Acta Fisiátrica, 28(1):15-21, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/actafisiatrica/article/view/181737>. Acesso em: 15 ago. 2022.

GONÇALVES, G. C.; MELO, A. M. **Avaliação de um aplicativo tecnológico por fisioterapeutas da Atenção Primária em Saúde**. Revista de Saúde Digital e Tecnologias Educacionais, v. 2, n. 1, p. 03-20, 2017.

HUBNER, L.; VOELCKER-REHAGE, C. **Does physical activity benefit motor performance and learning of upper extremity tasks in older adults? - A systematic review**. European Review of Aging and Physical Activity, [s. l.], v. 14, 2017.

KANTAK, S. S.; WINSTEIN, C. J. **Learning-performance distinction and memory processes for motor skills: A focused review and perspective**. Behavioural Brain Research, [s. l.], v. 2012, p. 219-231, 2012.

KLAMING, L.; VLASKAMP, B. N. S. **Non-dominant hand use increases completion time on part B of the Trail Making Test but not on part A**. Behav Res, [s. l.], v. 50, p. 1074-1087, 2018.

LIN, Z.; TAM, F.; CHURCHILL, N. W.; LIN, F-H.; MACINTOSH, B. J.; SCHWEIZER, T. A.; et al. **Trail Making Test Performance using a touch-sensitive tablet: behavioral kinematics and electroencephalography**. Frontiers in Human Neuroscience, [s. l.], 2021.

MENDEZ, C. et al. **Aplicativo móvel educativo e de follow up para pacientes com doença arterial periférica**. Revista Latino-Americana de Enfermagem. v. 27, n. e3122, 2019.

NIEUWENHUYS, A.; OUDEJANS, R. R. D. **Anxiety and perceptual-motor performance: toward an integrated model of concepts, mechanisms, and processes**. Psychological Research, [s. l.], v. 76, p. 747-759, 2012.

SANTOS, J. V. S.; CARVALHO, L. C.; BRESSAN, P. A. **Physioplay: Um exergame para reabilitação física aplicando a interatividade do Kinect® como biofeedback**

visual. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação), Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2012.

SILVA, G. et al. **Aplicativo de goniometria para dispositivo móvel (android®)**. Revista de Divulgação Científica da ULBRA Torres, v. 1, 2017.

SILVA, A. K. A.; GUIMARÃES, Q. N.; NARDI, L. A. A.; BOA SORTE, L. X.; MALAMAN, T. A. B.; ZAPPAROLI, F. Y. **Avaliação de aprendizagem motora em universitárias utilizando dispositivo móvel**. Brazilian Journal of Health Review, Curitiba, v. 2, n. 4, p. 2572-2588, 2019.

SILVA, A. K. A. **Avaliação da aprendizagem motora por meio de dispositivo móvel e relação com a ansiedade em adultos e jovens: Ensaio clínico randomizado**. Dissertação de Tese (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Federal de Alfenas, 2021

SHISHOV, N.; MELZER, I.; BAR-HAIM, S. **Parameters and measures in assessment of motor learning in neurorehabilitation: a systematic review of the literature**. Frontiers in Human Neuroscience, [s. l.], v. 11, n. 82, 2017.

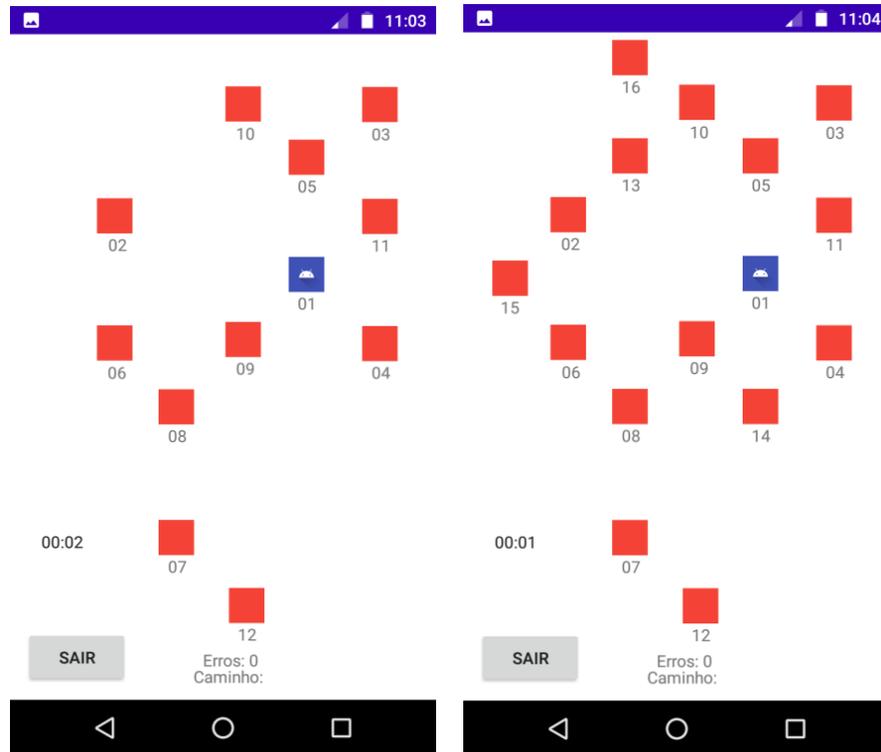
TIAN, W.; CHEN, S. **Neurotransmitters, cell types, and circuit mechanisms of motor skill learning and clinical applications**. Frontiers in Neurology, [s. l.], 2021.

WIKIPEDIA. **Trial Making Test**. Flórida: Wikimedia Foundation, 2022. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Trail\\_Making\\_Test](https://en.wikipedia.org/wiki/Trail_Making_Test). Acesso em: 22 ago. 2022.

WOODS, D. L.; WYMA, J. M.; HERRON, T. J.; YUND, E. W. **The Effects of Aging, Malingering, and Traumatic Brain Injury on Computerized Trail-Making Test Performance**. PLoS ONE, [s. l.], v. 10, n. 6, 2015.

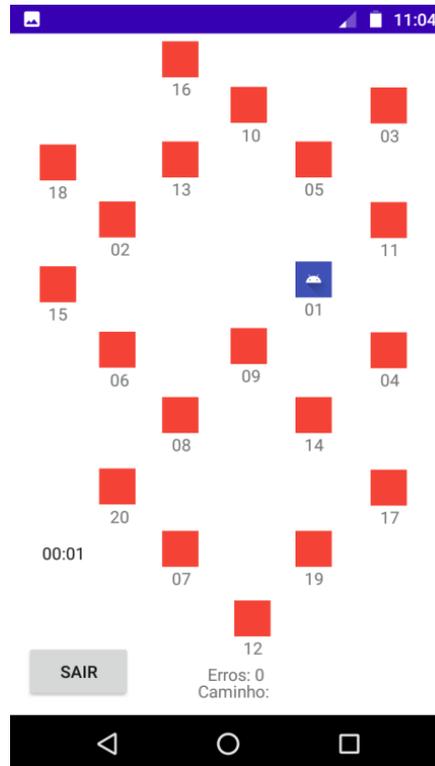
## ANEXO A – TELAS DO APLICATIVO “TESTE DE TRILHAS”

Figura 12: Ambientes 2 e 3 da Trilha 1



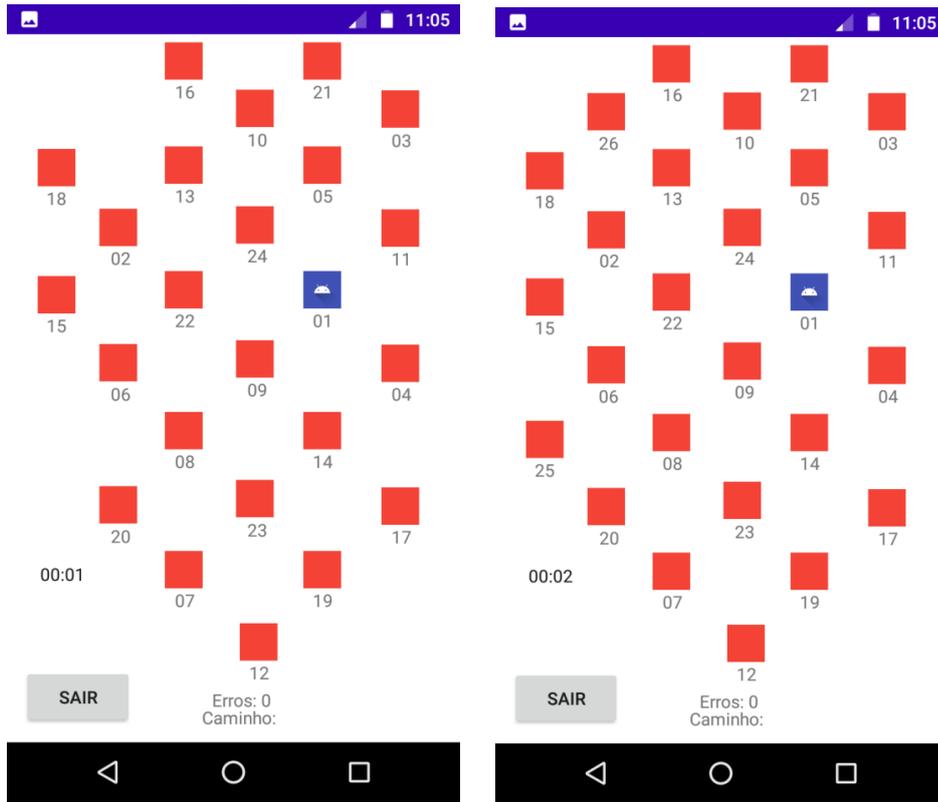
Fonte: Do autor (2022)

Figura 13: Ambiente 4 da Trilha 1



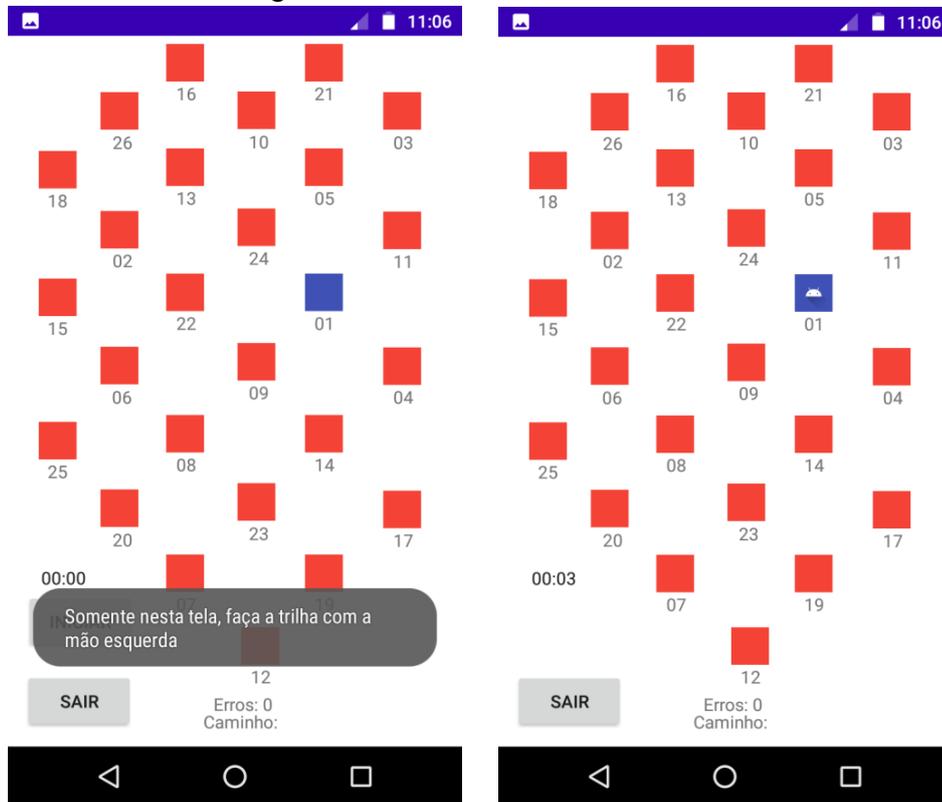
Fonte: Do autor (2022)

Figura 14: Ambientes 5 e 6 da Trilha 1



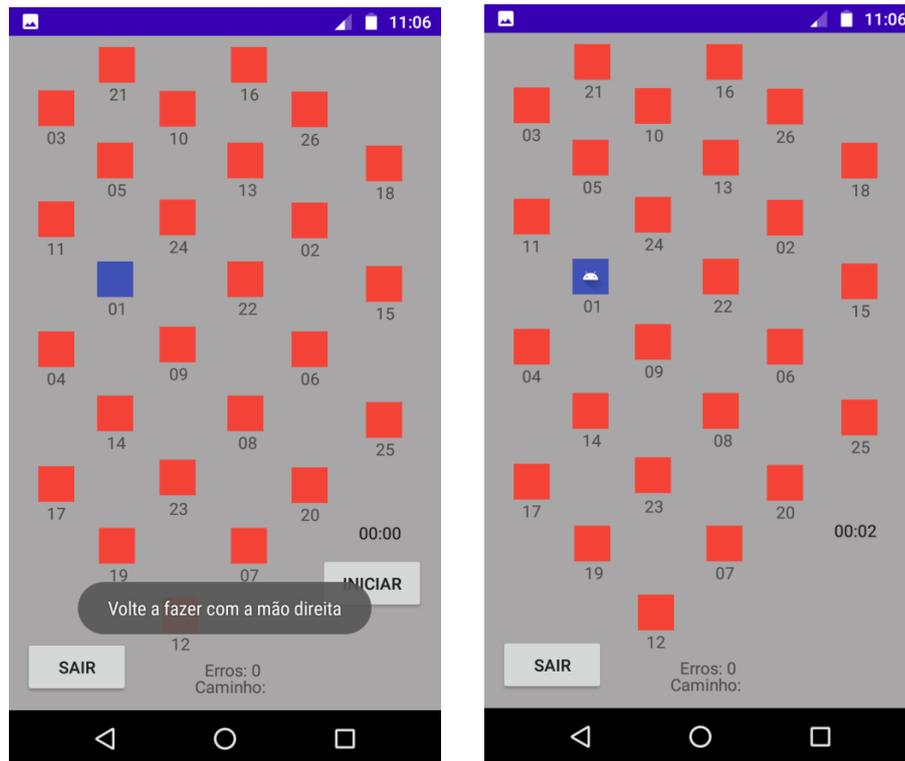
Fonte: Do autor (2022)

Figura 15: Ambiente 7 da Trilha 1



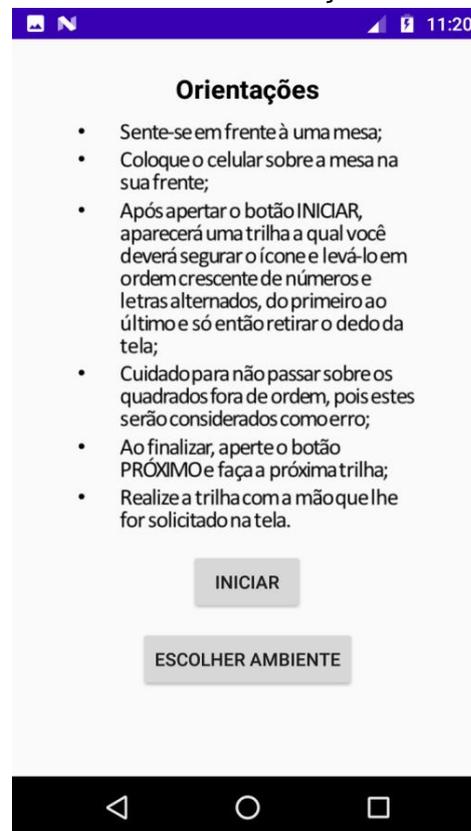
Fonte: Do autor (2022)

Figura 16: Ambiente 8 da Trilha 1



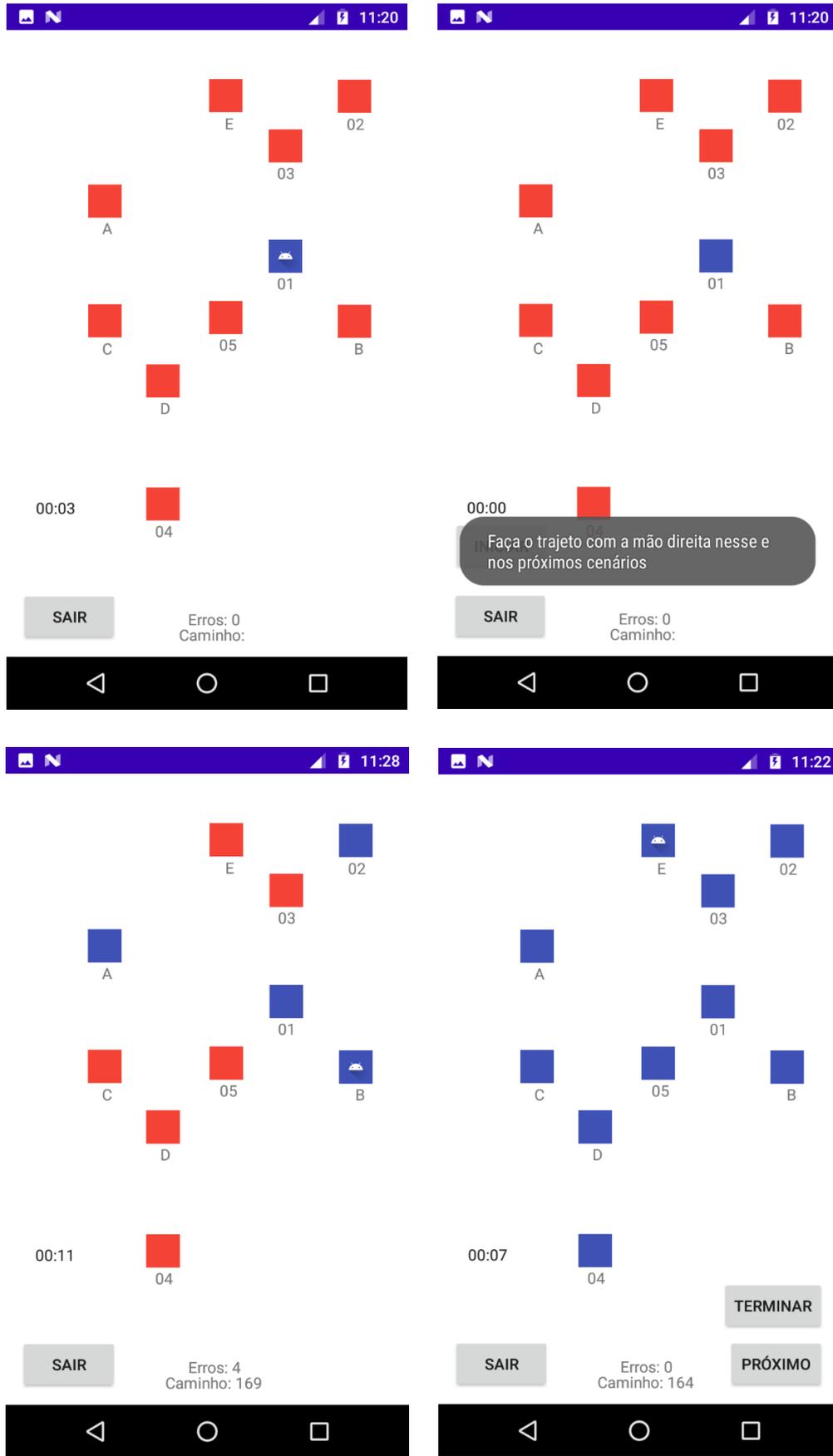
Fonte: Do autor (2022)

Figura 17: Tela de Orientações da Trilha 2



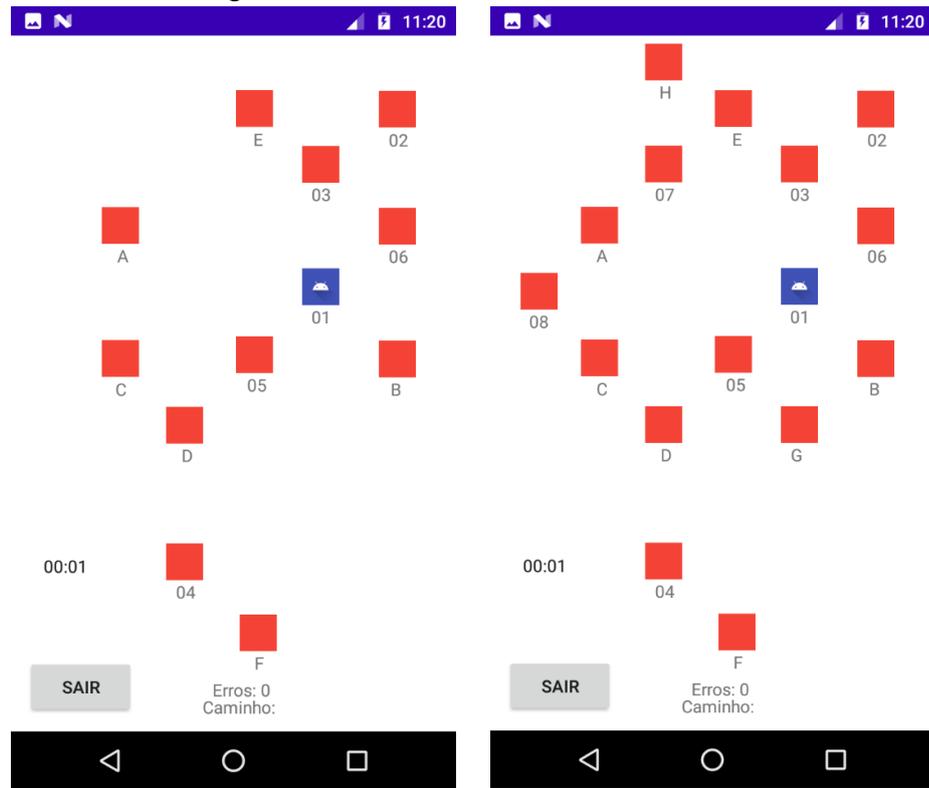
Fonte: Do autor (2022)

Figura 18: Ambiente 1 da Trilha 2



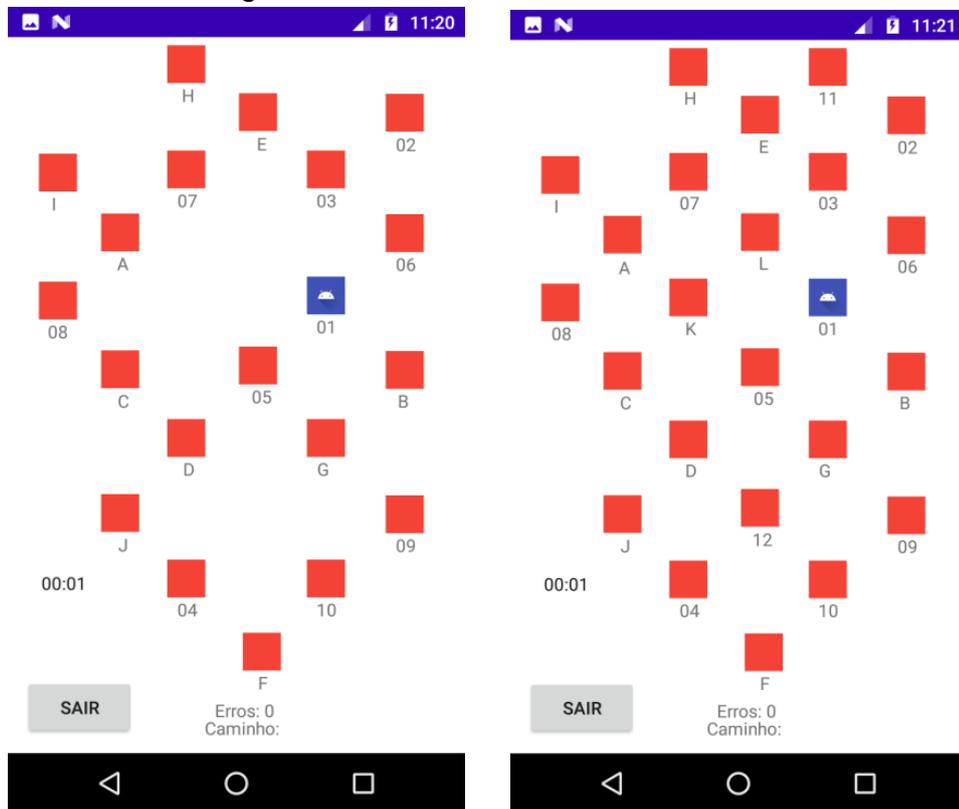
Fonte: Do autor (2022)

Figura 19: Ambientes 2 e 3 da Trilha 2



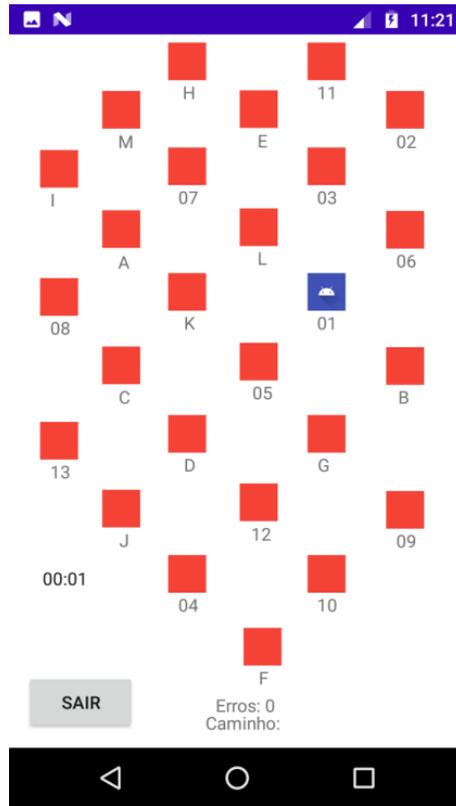
Fonte: Do autor (2022)

Figura 20: Ambientes 4 e 5 da Trilha 2



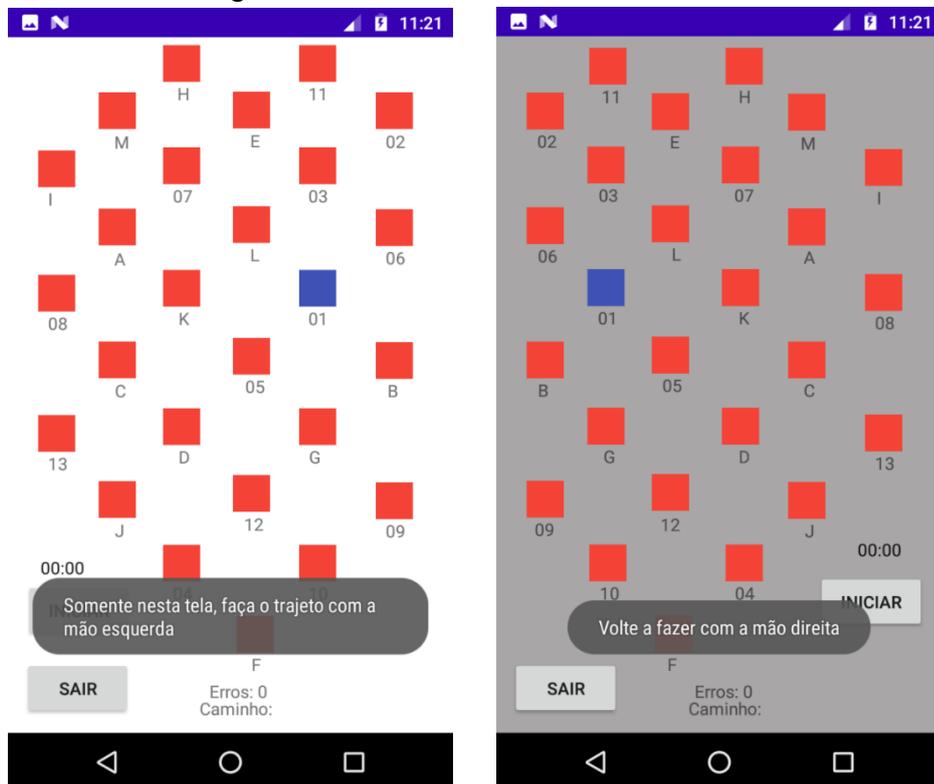
Fonte: Do autor (2022)

Figura 21: Ambiente 6 da Trilha 2



Fonte: Do autor (2022)

Figura 22: Ambientes 7 e 8 da Trilha 2



Fonte: Do autor (2022)