

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

GUARACI LIMA DE MORAIS

**TRANSIÇÃO DO INCONSCIENTE PARA O CONSCIENTE PELA DETECÇÃO DE
PADRÕES TEMPORAIS EM TAREFAS DE VIGILÂNCIA: UMA ADAPTAÇÃO DO
TESTE DO RELÓGIO DE MACKWORTH**

TESE DE DOUTORADO

**DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU**

São José dos Campos, Dezembro de 2024

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

GUARACI LIMA DE MORAIS

**TRANSIÇÃO DO INCONSCIENTE PARA O CONSCIENTE PELA DETECÇÃO DE
PADRÕES TEMPORAIS EM TAREFAS DE VIGILÂNCIA: UMA ADAPTAÇÃO DO
TESTE DO RELÓGIO DE MACKWORTH**

TESE DE DOUTORADO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da
Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica

Orientador Prof. Dr. Osmar Pinto Neto

São José dos Campos, Dezembro de 2024

UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI

GUARACI LIMA DE MORAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Biomédica - Doutorado, da Universidade Anhembi Morumbi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Biomédica. Aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Prof. Dr. Osmar Pinto Neto
Orientador
Doutorado em Engenharia Biomédica
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Leandro Procópio Alves
Doutorado em Engenharia Biomédica
Universidade Anhembi Morumbi

Prof. Dr. Luiz Antônio Tozi
Diretor
Faculdade de Tecnologia Prof. Jessen Vidal

Prof. Dr. Carlos Lineu de Faria e Alves
Coordenador
Faculdade de Tecnologia Prof. Jessen Vidal

Profa. Dra. Livia Helena Moreira da Silva Mélo
Doutorado em Ciências Veterinárias
Universidade Anhembi Morumbi

São José dos Campos, Dezembro de 2024

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da Universidade, do autor e do orientador.

GUARACI LIMA DE MORAIS

Resumo do CV

Economista (UNITAU), mestre em Ciências Ambientais (UNITAU), empresário, Professor em Instituições de Ensino Superior há mais de 20 anos (FATEC; UNIP; FAAP; SENAC; UNIVAP; ITES; Anhanguera), Consultor, Palestrante, Pesquisador, Inventor, Escritor, Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2559851146331207>

Ficha Catalográfica elaborada pela biblioteca UAM
Com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M82q Morais, Guaraci Lima de
 Transição do inconsciente para o consciente pela
 detecção de padrões temporais em tarefas de vigilância: uma adaptação
 do teste de relógio de Mackworth / Guaraci Lima de Morais – 2024.
 90f.: 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Pinto Neto.
Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Universidade Anhembi
Morumbi, São José dos Campos, 2024.
Bibliografia: f. 69-76.

1. Engenharia Biomédica. 2. Aprendizagem Implícita. 3. Teste do
Relógio de Mackworth. 4. Tempo de Reação I. Título.

CDD 610.28

Dedico a finalização deste ciclo de formação acadêmica àqueles que foram a minha força e me deram o suporte físico, mental e emocional necessário para enfrentar as adversidades: a Deus e aos meus familiares.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, na pessoa de meu orientador, Professor Dr. Osmar Pinto Neto, ao coordenador, professores e funcionários da Universidade Anhembi Morumbi pelo conhecimento transmitido e pela atenção que me foi dedicada durante os anos de doutoramento.

Agradeço, na pessoa do Professor Dr. Luiz Antonio Tozi (Diretor da Fatec de São José dos Campos), a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a viabilização dos Testes que embasaram a presente Tese.

“A pesquisa é para ver o que todo mundo viu e
pensar o que ninguém mais pensou.”

Albert Szent-Györgyi

RESUMO

Este estudo investiga os mecanismos cognitivos subjacentes à vigilância e ao reconhecimento de padrões usando uma nova adaptação do Teste do Relógio de Mackworth. O objetivo foi quantificar o tempo necessário para que os padrões temporais detectados inconscientemente por meio do aprendizado implícito surjam na mente consciente. Participaram deste teste quarenta e oito participantes que detectaram movimentos anômalos rítmicos aleatórios e não divulgados do ponteiro do relógio em um ambiente de tarefa de vigilância dinâmica, utilizando de uma adaptação do Teste do Relógio de Mackworth. Os resultados indicam variabilidade significativa na precisão da detecção, tempos de reação e capacidade de reconhecer o padrão oculto entre os participantes. Notavelmente, 23% de todos os participantes e 56% daqueles que relataram conscientemente o padrão exibiram tempos de reação estatisticamente mais baixos, indicativos de conhecimento do padrão 40 segundos antes da identificação consciente. Essas descobertas fornecem informações valiosas sobre a transição da detecção inconsciente para a consciente, destacando a complexidade da atenção sustentada e do reconhecimento de padrões. As implicações do estudo se estendem à criação de programas e tarefas de treinamento para profissões de alto risco que exigem vigilância prolongada. Pesquisas futuras devem explorar ainda mais os correlatos cognitivos e neurais desses processos e o impacto da complexidade da tarefa no desempenho.

Palavras-chave: Engenharia Biomédica. Aprendizagem Implícita. Teste do Relógio de Mackworth. Tempo de Reação. Detecção Consciente e Inconsciente.

ABSTRACT

This study investigates the cognitive mechanisms underlying vigilance and pattern recognition using a novel adaptation of the Mackworth Clock Test. The goal was to quantify the time required for the temporal patterns unconsciously detected through implicit learning to emerge in the conscious mind. Participated in this test forty-eight participants detected random and undisclosed rhythmic anomalous clock hand movements in a dynamic surveillance task environment, using an adaptation of the Mackworth Clock Test. The results indicate significant variability in detection accuracy, reaction times, and ability to recognize the hidden pattern among participants. Notably, 23% of all participants and 56% of those who consciously reported the pattern exhibited statistically lower reaction times, indicative of knowledge of the pattern 40 seconds prior to conscious identification. These findings provide valuable insights into the transition from unconscious to conscious detection, highlighting the complexity of sustained attention and pattern recognition. The implications of the study extend to the creation of training programs and tasks for high-risk professions that require prolonged surveillance. Future research should further explore the cognitive and neural correlates of these processes and the impact of task complexity on performance.

Keywords: Biomedical Engineering. Implicit Learning. Mackworth Clock Test. Reaction Time. Conscious and unconscious detection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 Fluxograma Macro, ref. às etapas de operacionalização do Teste	18
Ilustração 2. Fluxograma Micro, ref. às etapas pré-operacionais do Teste	19
Ilustração 3. Listagem parcial do Código, escrito em HTML, criado e utilizado para a versão adaptada no Teste do Relógio	20
Ilustração 4. Representação do início da pesquisa sobre o perfil dos voluntários	21
Ilustração 5. Fluxograma Micro, referente a etapa de aplicação do Teste	22
Ilustração 6. Mensagem Informativa (1) do Teste promovido pelo Prof. Guaraci, veiculada nos televisores e computadores da FATEC SJC Campos	23
Ilustração 7. Mensagem Informativa (2) do Teste promovido pelo Prof. Guaraci, veiculada nos televisores e computadores da FATEC SJC Campos	23
Ilustração 8 Ficha para avaliação de palestra e convite para participar do Teste promovido pelo Prof. Guaraci, entregue no auditório da FATEC SJC Campos	24
Ilustração 9. Calendário 2024 com convite para participar do Teste promovido pelo Prof. Guaraci, entregue gratuitamente nas instalações da FATEC SJC Campos	24
Ilustração 10. Diagrama da configuração da tarefa: a representação visual da configuração do Mackworth Clock Test, mostrando o mostrador do relógio, o círculo do relógio e o ponteiro do relógio	26
Ilustração 11. Representação gráfica dos padrões de intervalo de tempo, iniciando pela fase aleatória e finalizando na fase padronizada	26
Ilustração 12. Representação visual da configuração do Mackworth Clock Test, mostrando o feedback positivo (cor verde claro)	28
Ilustração 13. Representação visual da configuração do Mackworth Clock Test, mostrando o feedback negativo (cor vermelha)	28
Ilustração 14. Representação visual da configuração do Mackworth Clock Test, mostrando a janela dedicada ao registro do padrão	29
Ilustração 15. Fluxograma Micro, ref. às etapas de Tratamento e Análise de dados Pós Teste, com geração de informações e conclusões	30
Ilustração 16. Fluxograma Micro, ref. às etapas de Atividades Finais	32
Ilustração 17. Distribuição da faixa etária dos participantes	50
Ilustração 18. Gênero autodeclarado pelos participantes	51
Ilustração 19. Distribuição do Estado Civil dos participantes	51
Ilustração 20. Distribuição da área de atuação dos participantes	52

Ilustração 21. Distribuição dos participantes por Perfil Digital	52
Ilustração 22. Distribuição dos participantes por Nível de Inclusão	53
Ilustração 23. Distribuição dos participantes, por desempenho de detecção	53
Ilustração 24. Nível de acerto pleno, dos movimentos anômalos	54
Ilustração 25. Comparativo dos níveis de acerto: Corretas, Incorretas, Perdidas	54
Ilustração 26. Gráfico de dispersão mostrando a correlação negativa entre o número de detecções corretas e incorretas entre os participantes	55
Ilustração 27. Gráfico de dispersão mostrando a correlação negativa entre o número de detecções corretas e perdidas entre os participantes	55
Ilustração 28. Gráfico de dispersão mostrando a correlação positiva entre o número de detecções incorretas e perdidas entre os participantes	56
Ilustração 29. Gráfico comparativo do Tempo de Reação, entre parte aleatória e padronizada do teste	57
Ilustração 30. Gráfico de dispersão mostrando a relação entre os tempos de reação dos participantes durante a fase aleatória da tarefa e o nr. de detecções corretas	57
Ilustração 31. Gráfico de dispersão mostrando a relação tempos de reação dos participantes durante a fase aleatória da tarefa e o nr. de detecções incorretas	58
Ilustração 32. Gráfico de dispersão mostrando a relação tempos de reação dos participantes durante a fase aleatória da tarefa e o nr. de detecções perdidas	58
Ilustração 33. Gráfico do percentual de indivíduos que reconheceram corretamente o padrão, na parte padronizada do teste	59
Ilustração 34. Gráfico de barras comparando a variabilidade do tempo de reação durante a fase do padrão entre os participantes que identificaram com precisão o padrão e aqueles que não o fizeram	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média e Desvio Padrão (Std) dos parâmetros do estudo para todos os participantes (Todos) e divididos entre os participantes que puderam (Relatado) e não puderam (Não Relatado) relatar com precisão o padrão de tarefa 61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGL	Aprendizagem de Gramática Artificial
BCIs	Interfaces Cérebro-Computador
EEG	Eletroencefalografia
ELA	Esclerose Lateral Amiotrófica
fMRI	Ressonância Magnética Funcional
GNCC	Grupo de Neurociência Cognitiva e Comportamental [USP]
IoT	Internet das Coisas
JDM	Julgamento e Tomada de Decisão
K-S	Teste de Kolmogorov-Smirnov
MEG	MagnetoEncefaloGrafia
PC	<i>Personal Computer</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TR	Tempo de Reação
UAM'	Universidade Anhembi Morumbi

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Hipótese	17
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Geral	17
1.3 Materiais e Métodos	18
1.3.1 Pré-Teste	18
1.3.2 Teste	22
1.3.2.1 Descrição e Operacionalização da Atividade	25
1.3.2.2 Fluxo de atividades e coleta de dados	27
1.3.3 Pós Teste	29
1.3.3.1 Tratamento, Análise e Conclusão	30
1.3.3.2 Publicação Internacional de Artigo Científico	32
1.3.3.3 Da Qualificação	Erro! Indicador não definido.
2 REFERENCIAL TEÓRICO	33
2.1 Importância da Detecção de Padrões Temporais	33
2.2 Interesse da Neurociência pela Transição do Estado Inconsciente para o Consciente	34
2.3 Pesquisas sobre a Transição do Inconsciente para o Consciente, no Mundo e no Brasil	36
2.4 Aplicações do Estudo da Transição do Inconsciente para o Consciente na Engenharia Biomédica	39
2.5 Desafios na Quantificação da Transição do Inconsciente para o Consciente	40
2.6 Desafios na Detecção de Padrões Temporais	42
2.7 Questões e Desafios nas Tarefas de Vigilância	43
2.8 O Teste do Relógio de Mackworth. Questões e Desafios	45
2.9 Distinção entre Processamento Consciente e Inconsciente	47
2.9.1 Processamento Inconsciente	47
2.9.2 Processamento Consciente	48
2.10 Tarefas de Aprendizagem Utilizando Sequência Visuomotora	49

3 RESULTADOS	50
3.1 Amostra.....	50
3.2 Desempenho de detecção	53
3.3 Análise do tempo de reação	56
3.4 Reconhecimento de padrões	59
3.5 Detecção consciente e inconsciente.....	60
4 DISCUSSÃO	62
4.1 Reconhecimento de padrões	62
4.2 Escolha do Limiar	63
4.3 Aprendizagem implícita: detecção consciente e inconsciente	64
4.4 Desempenho de detecção e vigilância.....	65
4.5 Implicações e direções futuras.....	66
4.6 Limitações	67
5 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXO A - PARECER FAVORÁVEL DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	78
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	79
ANEXO C – PESQUISA DE AVALIAÇÃO COGNITIVA.....	83
ANEXO D – ARTIGO PUBLICADO PELO AUTOR, A PARTIR DOS DADOS DA PRESENTE TESE.	84
ANEXO E - DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO PELA BANCA DE QUALIFICAÇÃO, EMITIDA PELA SECRETARIA DO PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE ANHEMBI MORUMBI	85

1 INTRODUÇÃO

A transição do estado inconsciente para o consciente é um fenômeno complexo e multifacetado, essencial para que se compreenda melhor as diversas atividades humanas que requerem atenção contínua e vigilância (BODENHEIMER *et al.*, 2024). Entender e quantificar essa transição é crucial para áreas como o controle de tráfego aéreo, a monitorização médica e a condução de veículos, dentre outras. No entanto, essa tarefa envolve diversos desafios, tanto do ponto de vista teórico quanto metodológico.

A pesquisa sobre a transição do inconsciente para o consciente tem avançado significativamente no cenário mundial, impulsionada por tecnologias de neuroimagem e análise de dados. Estudos recentes utilizam técnicas como eletroencefalografia (EEG), ressonância magnética funcional (fMRI) e magnetoencefalografia (MEG) para mapear as atividades cerebrais associadas a diferentes estados de consciência. Instituições renomadas como a Universidade de Harvard, o Instituto Max Planck e o MIT têm contribuído para uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos neurais subjacentes a essa transição.

A literatura aponta que a detecção de padrões temporais em tarefas de vigilância pode revelar mudanças sutis na atividade cerebral que precedem a consciência de um estímulo. No entanto, identificar e quantificar esses padrões temporais é uma tarefa complexa. Por exemplo, um estudo realizado por Palva *et al.* (2017) demonstrou que flutuações na frequência das ondas cerebrais *alfa* estão correlacionadas com a percepção consciente de estímulos visuais. Ainda assim, a variabilidade individual na resposta cerebral e a influência de fatores externos, como o ambiente e a fadiga, foram apontadas como fatores que dificultaram a interpretação dos dados.

Outros pesquisadores, como Dehaene *et al.* (2006), exploraram a "teoria do espaço de trabalho global", que postula que a consciência emerge da integração de informações em um sistema distribuído de redes neuronais. Essa abordagem teórica, embora promissora, enfrenta desafios na operacionalização e na medição precisa das atividades cerebrais em tempo real. A sincronização entre diferentes regiões do cérebro e a identificação de padrões específicos que sinalizam a transição para a consciência ainda são consideradas áreas em aberto para investigação.

No Brasil, a pesquisa sobre a transição do inconsciente para o consciente também tem ganhado destaque, com vários grupos de pesquisa dedicados ao estudo da consciência e da atenção. Universidades como a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) têm realizado estudos importantes nessa área, cujas linhas de pesquisa estarão sendo abordadas na revisão de literatura.

Pesquisas recentes no Brasil têm focado na adaptação de testes clássicos de vigilância, como o Teste do Relógio de Mackworth, descrito por Shalev (2022a) como sendo um importante instrumento elaborado para investigar a transição do inconsciente para o consciente. Este teste, originalmente desenvolvido na década de 1940 para estudar a fadiga em operadores de radar, tem sido adaptado para diferentes contextos e populações. Um estudo conduzido por Silva, Lima & Oliveira (2020) adaptou o Teste do Relógio de Mackworth para avaliar a atenção de motoristas em simulações de direção, revelando que padrões temporais específicos de falhas de atenção podem prever a transição para um estado consciente de alerta.

Apesar dos avanços, a pesquisa brasileira enfrenta desafios significativos, incluindo limitações de financiamento, acesso restrito a tecnologias de ponta e a necessidade de formação continuada de pesquisadores na área de neurociências. A variabilidade cultural e a diversidade de contextos ambientais no Brasil também adicionam camadas de complexidade na análise dos dados e na generalização dos resultados.

Quantificar a transição do inconsciente para o consciente por meio da detecção de padrões temporais em tarefas de vigilância envolve ainda uma série de desafios metodológicos e técnicos. Em primeiro lugar deve-se considerar que a variabilidade individual na resposta ao estímulo e na dinâmica das ondas cerebrais torna difícil estabelecer parâmetros universais para a detecção de consciência. Estudos precisam considerar diferenças interindividuais e intra individuais (como nos casos de indivíduos bipolares, ou que sofrem de outros tipos de transtornos e síndromes que afetam a sua capacidade motora e cognitiva), a fim de ajustar os métodos de análise para captar essas variações.

Além disso, a influência de fatores externos, como o ambiente, a carga de trabalho, o nível de estresse e a fadiga, pode afetar significativamente a transição para a consciência. Por exemplo, um operador de radar pode exibir padrões cerebrais

diferentes durante um turno de trabalho noturno em comparação a um turno diurno. Estudos como o de Lima, Castro & Borges (2018) demonstraram que o ambiente de trabalho e a duração da tarefa de vigilância impactam diretamente os padrões de atenção e a transição para estados conscientes.

A precisão das tecnologias de medição também é um fator crítico. Embora técnicas como EEG e fMRI ofereçam *insights* relevantes sobre a atividade cerebral, elas possuem limitações em termos de resolução temporal e espacial. A integração de múltiplas técnicas de neuroimagem pode ajudar a superar algumas dessas limitações, mas aumenta a complexidade e o custo dos estudos.

A quantificação da transição do inconsciente para o consciente tem aplicações práticas importantes em diversas áreas. No campo da segurança ocupacional, por exemplo, a detecção precoce de falhas de atenção pode prevenir acidentes e melhorar o desempenho de trabalhadores em tarefas críticas. Em ambientes educacionais, a compreensão de como os estudantes alternam entre estados de atenção pode informar estratégias pedagógicas para manter o engajamento e a concentração, levando o alunos a experimentar formas de ensino formal, alternadas com o não-formal e o informal.

Além disso, a pesquisa sobre a consciência tem implicações para o desenvolvimento de tecnologias assistivas e interfaces cérebro-computador (BCIs). Dispositivos que monitoram a atividade cerebral e detectam padrões de transição para a consciência podem ser utilizados para ajudar indivíduos com deficiências motoras a interagir com seus ambientes de forma mais eficaz. Estudos como o de Bastos Filho *et al* (2023) demonstraram que a interface de usuário adaptativa pode melhorar a eficácia de tarefas que requerem vigilância contínua.

As questões avaliadas no presente estudo podem levar em consideração o conceito de *Implicit Learning* (Aprendizagem Implícita, numa tradução literal da língua inglesa), levando-se em consideração que a percepção da consciência está intrinsecamente relacionada à percepção da memória e, neste caso, cabe citar o estudo desenvolvido por Kalra, Gabrieli & Finn (2019) sobre questões que envolvem a memória explícita e implícita dos indivíduos, ponderando que, apesar da distinção psicológica e neuropsicológica fundamental sobre a memória explícita e a implícita, evidenciou-se que embora existam diferenças individuais estáveis de traços na capacidade de

memória explícita não existem tais diferenças entre as pessoas para a aprendizagem implícita. Quando se busca estabelecer uma relação entre o conceito *implicit learning* e sua aplicação na avaliação de tarefas pode-se citar os estudos sobre “aprendizagem implícita do comportamento temporal em ambientes dinâmicos complexos”, desenvolvidos por Salet, Kruijne & Rijn (2021), que utilizou um experimento semelhante a um jogo, projetado especificamente para medir o comportamento naturalista, em que os participantes usam implicitamente intervalos regulares para antecipar eventos futuros, mesmo quando esses intervalos são constantemente interrompidos por eventos irregulares, o qual sugere que esse aprendizado não é usado apenas para antecipar o que vai acontecer, mas também quando vai acontecer.

A investigação da transição do inconsciente para o consciente por meio da detecção de padrões temporais em tarefas de vigilância é uma área de pesquisa emergente e promissora, mas repleta de desafios. Tanto no cenário mundial quanto no contexto brasileiro, estudos recentes têm contribuído para uma compreensão mais profunda dos mecanismos neurais envolvidos nesse processo. Superar os desafios metodológicos e técnicos é crucial para avançar nesta área e explorar suas amplas aplicações práticas.

São muitos os campos de atuação empresarial e de pesquisa que podem se beneficiar dos conhecimentos desenvolvidos em estudos desta natureza, sendo possível citar: a segurança do trabalho, o controle de tráfego aéreo, o monitoramento de saúde ocupacional, a segurança no transporte, além da segurança e monitoramento de infraestruturas críticas. Já no campo de atuação da engenharia biomédica a aplicação destes conhecimentos pode beneficiar diversas áreas, dentre as quais: o desenvolvimento de dispositivos médicos, os sistemas de *neurofeedback*, os ambientes de realidade virtual para reabilitação, os implantes e próteses inteligentes, além do monitoramento de pacientes em UTI.

O objetivo da presente tese é avaliar o tempo necessário para que um padrão temporal detectado inconscientemente surgisse na mente consciente, considerando como amostra estudantes, professores e demais colaboradores que atuam na Faculdade de Tecnologia Prof. Jessen Vidal, de São José dos Campos/SP (FATEC).

A justificativa para a escolha deste tema, público-alvo e objetivo está relacionada à geração de dados primários e informações técnico-científicas que pudessem servir de

subsídio para estudos futuros relacionados principalmente a: aprendizagem implícita, aprendizagem de gramática artificial (AGL), tarefas de aprendizagem que utilizam sequências visuomotoras, além da influência de fatores externos, como o ambiente, a carga de trabalho, o nível de estresse e a fadiga.

Com relação aos desafios que envolveram os estudos que embasaram a presente tese, cabe ressaltar: a excessiva demora na aprovação da Proposta de Pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa (Anexo A); a adaptação do Teste do Relógio de Mackworth, de modo que pudesse ser respondido em equipamentos móveis (*smartphones*, *tablets* e *notebooks*) e fixos (*personal computer* – PCs); a adesão voluntária dos indivíduos à pesquisa e a análise e interpretação dos dados.

1.1 Hipótese

O presente estudo procura obter dados quantitativos que validem, ou não, a hipótese de que o cérebro humano é capaz de identificar e reagir a padrões, de forma inconsciente, antes mesmo de compreender conscientemente qual é o padrão existente.

1.2 Objetivos

A seguir serão expostos os objetivos da presente Tese, a saber:

1.2.1 Geral

Avaliar quantitativamente o período necessário para que um padrão temporal detectado inconscientemente em uma atividade sequencial visuomotora surgisse na mente consciente.

1.2.2 Específicos

- Avaliar e quantificar eventuais ganhos de performance, em atividades de vigilância, em um exercício sequencial visuomotor;
- Avaliar se o Teste do Relógio da Marckworth poderia ser adaptado para ser um instrumento adequado para a tarefa de avaliar e quantificar a transição do reconhecimento de um padrão, do inconsciente para o consciente.

1.3 Materiais e Métodos

A seguir serão descritos os procedimentos executados para operacionalizar a adaptação do Teste do Relógio da Marckworth, que é um exercício sequencial visuomotor, o qual foi dividido em três etapas distintas, classificadas como: Pré-Teste; Teste e Pós-Teste (**Ilustração 1**)



Ilustração 1: Fluxograma Macro, referente às etapas de operacionalização do Teste
Fonte: o Autor, 2024

A seguir serão abordados detalhes metodológicos que tratam de cada uma das referidas Etapas.

1.3.1 Pré-Teste

O Pré-Teste agrega as etapas de preparação que antecedem a aplicação do Teste, o que envolve as ações relativas à Amostra e, aquelas relativas: à adaptação, criação e validação do Sistema de Acesso e de Utilização do Teste do Relógio (**Ilustração 2**)



Ilustração 2: Fluxograma Micro, referente às etapas pré-operacionais do Teste
 Fonte: o Autor, 2024

A questão do “Definir Procedimentos”, passa pelo conhecimento dos princípios do Teste do Relógio (**Ilustração 3**), para que haja uma melhor compreensão dos detalhes do experimento, sua lógica, objetivos e conclusões.

A “Criação da Programação” e a “Adaptação do Teste” são etapas voltadas a reescrita do Teste, com base nos objetivos deste trabalho, observando as condições tecnológicas atuais, que permitem a execução do Teste em dispositivos móveis, tudo em conformidade com o projeto avaliado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), que deliberou dando sua apreciação ética (CAAE: 67190123.3.0000.5492), que está disponível para consulta no Anexo A deste trabalho.

Desta forma, foi desenvolvida uma versão que pudesse ser hospedada em site proprietário de empresa parceira, utilizando as seguintes linguagens: HTML, Java Script e CSS e Python. (**Ilustração 3**)

Quebra de linha ☒

```

1 <!DOCTYPE HTML>
2 <html><head><META CHARSET='UTF-8'><title>Tarefa do Relógio Arena235</title>
3 <style>
4 .canvasboxstyle:fullscreen{display:flex;align-items:center;justify-content:center;}
5 .canvasboxstyle:-moz-full-screen{display:flex;align-items:center;justify-content:center;}
6 .canvasboxstyle:-webkit-full-screen{display:flex;align-items:center;justify-content:center;}
7 .canvasboxstyle:-ms-full-screen{display:flex;align-items:center;justify-content:center;}
8 .canvasboxstyle{display:flex;align-items:center;justify-content:center;}
9 #anormalBtn {
10   z-index: 2;
11   position: absolute;
12   color: black;
13   background: green;
14   width: 90px;
15   height: 80px;
16   bottom: 50px;
17   left: 50px;
18   border: 1px solid white;
19   border-radius: 5px;
20   justify-content:center;
21   align-items:center;
22   display: none;
23 }
24 #padraoBtn {
25   z-index: 2;
26   position: absolute;
27   color: black;
28   background: yellow;
29   width: 90px;
30   height: 80px;
31   bottom: 50px;
32   right: 50px;
33   border: 1px solid white;
34   border-radius: 5px;
35   justify-content:center;
36   align-items:center;
37   display: none;
38 }
39 #nameContainer {
40   position: absolute;
41   display: block;
42   margin-left: auto;

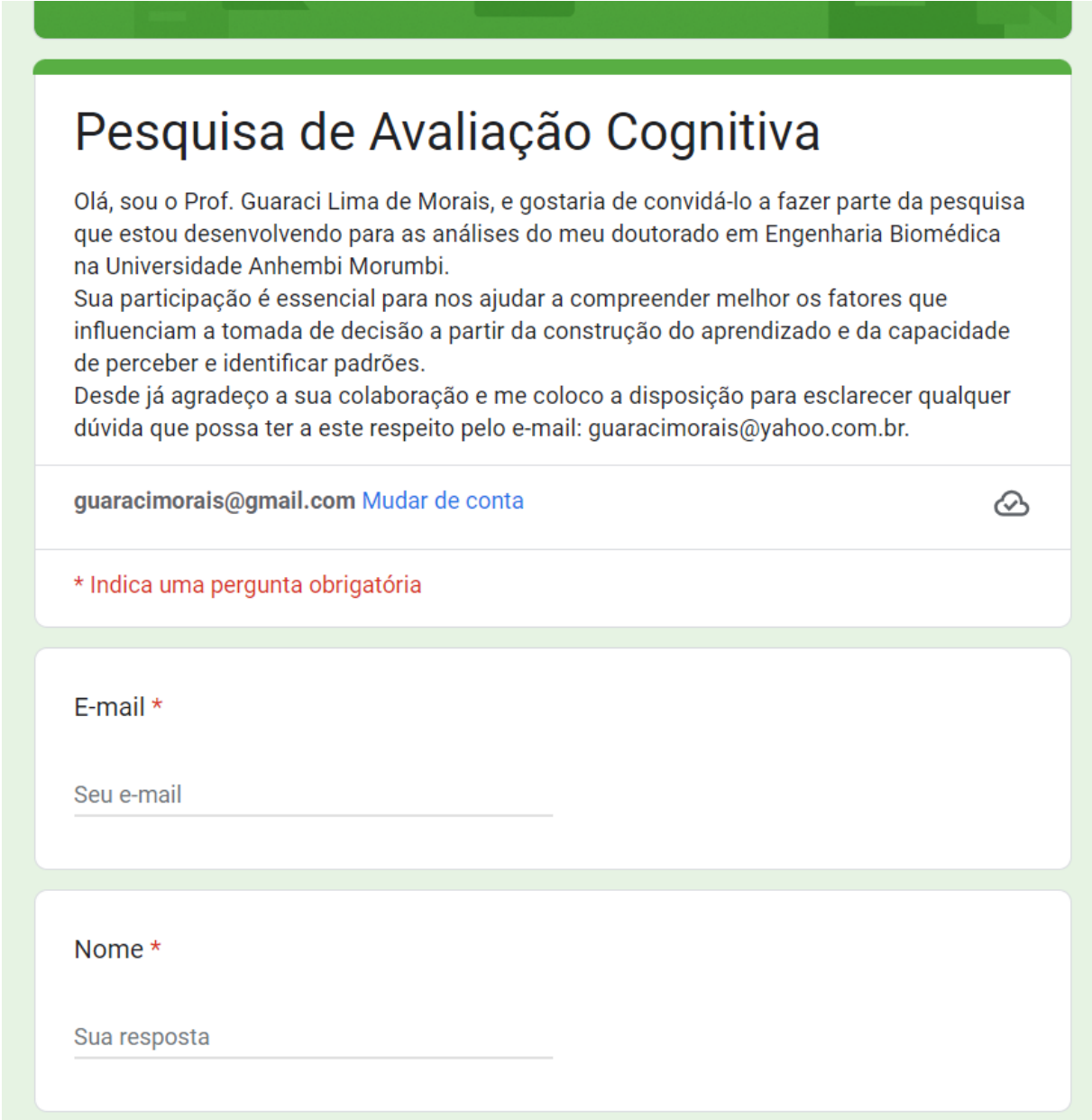
```

Ilustração 3: Listagem parcial do Código, escrito em HTML, criado e utilizado para a versão adaptada no Teste do Relógio (fonte: Autor, 2024)

A Verificação das Funcionalidades do Teste contou com a colaboração de docentes e discentes da FATEC São José dos Campos, que se voluntariaram para avaliar o código do Teste, criticá-lo e aprimorá-lo, até que se chegasse à versão final que foi efetivamente aplicada.

Além do Teste desenvolvido foi elaborada uma pesquisa *on line*, utilizando a ferramenta Google Forms, com o objetivo de levantar dados primários sobre o perfil dos voluntários que aceitaram participar do Teste, sempre observando a LGPD e os termos do TCLE. (Ilustração 4)

Neste documento existe uma questão obrigatória referente ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Anexo B), em que o aceite permite seguir com o questionário, e o não-aceite implicaria na interrupção da atividade.



Pesquisa de Avaliação Cognitiva

Olá, sou o Prof. Guaraci Lima de Moraes, e gostaria de convidá-lo a fazer parte da pesquisa que estou desenvolvendo para as análises do meu doutorado em Engenharia Biomédica na Universidade Anhembi Morumbi.

Sua participação é essencial para nos ajudar a compreender melhor os fatores que influenciam a tomada de decisão a partir da construção do aprendizado e da capacidade de perceber e identificar padrões.

Desde já agradeço a sua colaboração e me coloco a disposição para esclarecer qualquer dúvida que possa ter a este respeito pelo e-mail: guaracimorais@yahoo.com.br.

guaracimorais@gmail.com [Mudar de conta](#) 

* Indica uma pergunta obrigatória

E-mail *

Seu e-mail

Nome *

Sua resposta

Ilustração 4: Representação do início da pesquisa sobre o perfil dos voluntários (Fonte: Autor, 2024)

1.3.2 Teste

O Teste agrega as etapas de aplicação do Teste do Relógio, o que envolve: a utilização do sistema pelos Voluntários, bem como a Coleta / Validação dos Dados (**Ilustração 5**).



Ilustração 5: Fluxograma Micro, referente a etapa de aplicação do Teste

Fonte: Autor, 2024

Com relação à “Definição do Case” ficou estabelecido que o experimento ocorreria nas dependências da Faculdade de Tecnologia Prof. Jessen Vidal (FATEC - São José dos Campos SP), após prévia e expressa concordância formal da direção da referida Faculdade e em consonância com o projeto apreciado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

A “Divulgação e Aplicação” foi iniciada por meio de convites gerais para participação do experimento foi ampla, contando com veiculação de mensagem na rede interna de televisores e computadores da Faculdade (**Ilustração 6** e **Ilustração 7**), bem como na execução de palestras, e na distribuição gratuita de calendários com mensagens alusivas à pesquisa, convidando a comunidade acadêmica para aderir voluntariamente ao experimento.

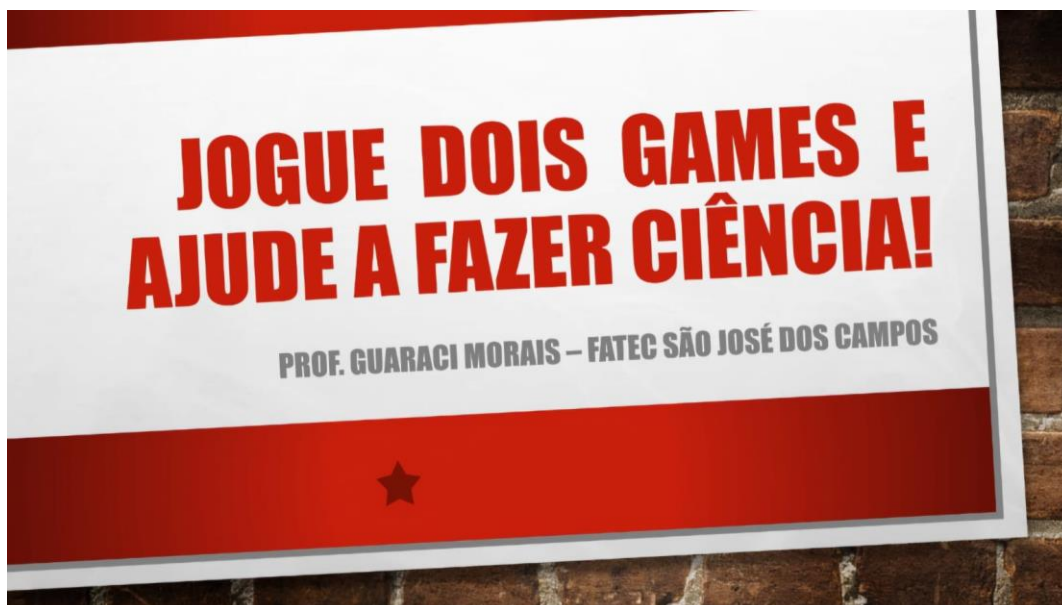


Ilustração 6. Mensagem Informativa (1) do Teste promovido pelo Prof. Guaraci, veiculada nos televisores e computadores da FATEC SJCampos (fonte: Autor, 2024)



Ilustração 7. Mensagem Informativa (2) do Teste promovido pelo Prof. Guaraci, veiculada nos televisores e computadores da FATEC SJCampos (fonte: Autor, 2024)

Em todo o material de divulgação havia um QRCode para um rápido acesso ao questionário (para determinação do perfil dos voluntários e para ciência e possibilidade de aceitação das condições determinadas no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) e outro QRCode para acessar o Teste em si, o qual poderia ser

executado em equipamento, momento e local da preferência do voluntário. (Ilustração 7, Ilustração 8 e Ilustração 9).

Olá Você foi convidado para participar:

I) Palestra sobre o tema: Importância do Planejamento Estratégico nas Operações
Palestrante: Prof. Guaraci Morais, M.Sc.

Avaliar considerando:

- Relevância do Tema	Péssimo	1	2	3	4	5	Ótimo
- Domínio do Tema (Palestrante)	Péssimo	1	2	3	4	5	Ótimo
- Capacidade de Explicar o Tema	Péssimo	1	2	3	4	5	Ótimo
- Aplicação do conteúdo no seu curso	Péssimo	1	2	3	4	5	Ótimo
- Nota Geral que você atribui	Péssimo	1	2	3	4	5	Ótimo

II) Atividade de Avaliação de Identificação de Padrões
Fazer as atividades na ordem dos QR-Codes (Usar o mesmo e-mail em todos os casos)

1ª Atividade



2ª Atividade



3ª Atividade



4ª Atividade



Agradecemos a sua Participação!

Ilustração 8. Ficha para avaliação de palestra e convite para participar do Teste promovido pelo Prof. Guaraci, entregue no auditório da FATEC SJCampos (fonte: Autor, 2024)



Ilustração 9. Calendário 2024 com convite para participar do Teste promovido pelo Prof. Guaraci, entregue gratuitamente nas instalações da FATEC SJCampos, (fonte: Autor, 2024)

Critérios de Inclusão: os participantes aceitos se autodeclararam indivíduos maiores de 18 anos e concordaram previamente com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo B), constante no Processo previamente aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Anhembi Morumbi, conforme informa o protocolo do estudo, CAAE: 67190123.3.0000.5492 (Anexo A).

Fatores de Exclusão: aos candidatos que não concluíram as atividades propostas, ou que não tenham acuidade visual que permita participar de uma atividade visuomotora.

1.3.2.1 Descrição e Operacionalização da Atividade

O estudo empregou uma atividade sequencial visuomotora, que é nova adaptação do Teste do Relógio de Mackworth, para investigar a capacidade dos participantes de detectar movimentos anômalos inconscientemente (SHALEV, 2022b) (MACKWORTH, 1948).

O código base foi feito no PsyToolkit (STOET, 2010) e foi implementado usando um script personalizado que alterou o comportamento do relógio. O código foi traduzido para HTML para rodar em um servidor *online* proprietário, registrando informações pessoais e as respostas dos participantes.

O Teste foi dividido em duas fases distintas: uma fase aleatória inicial e uma fase padronizada subsequente. A tarefa foi projetada para ser executada no modo de *tela cheia* com vários elementos visuais, incluindo instruções, *prompts* de estratégia e a *interface* do relógio (**Ilustração 10**).

Os participantes foram apresentados a um mostrador de relógio circular e o ponteiro do relógio se moveu em passos discretos de seis graus.

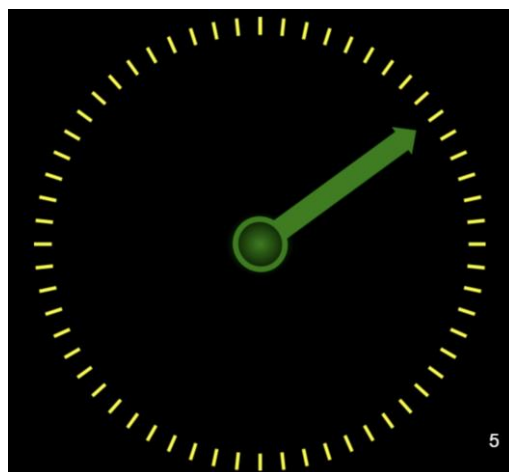


Ilustração 10. Diagrama da configuração da tarefa: a representação visual da configuração do Mackworth Clock Test, mostrando o mostrador do relógio, o círculo do relógio e o ponteiro do relógio. (fonte: Autor, 2024)

Fase aleatória (0-150 segundos)

Durante os primeiros 150 segundos, o movimento do ponteiro do relógio incluía anomalias aleatórias. Especificamente, a cada dez tiques, o ponteiro pularia aleatoriamente em 24 graus em vez dos 6 graus usuais. Essa anomalia foi introduzida com uma probabilidade de 10% por tique, garantindo que as anomalias fossem esporádicas e imprevisíveis. O *script* foi projetado para evitar que a mesma anomalia se repita sucessivamente. (**Ilustração 11**)

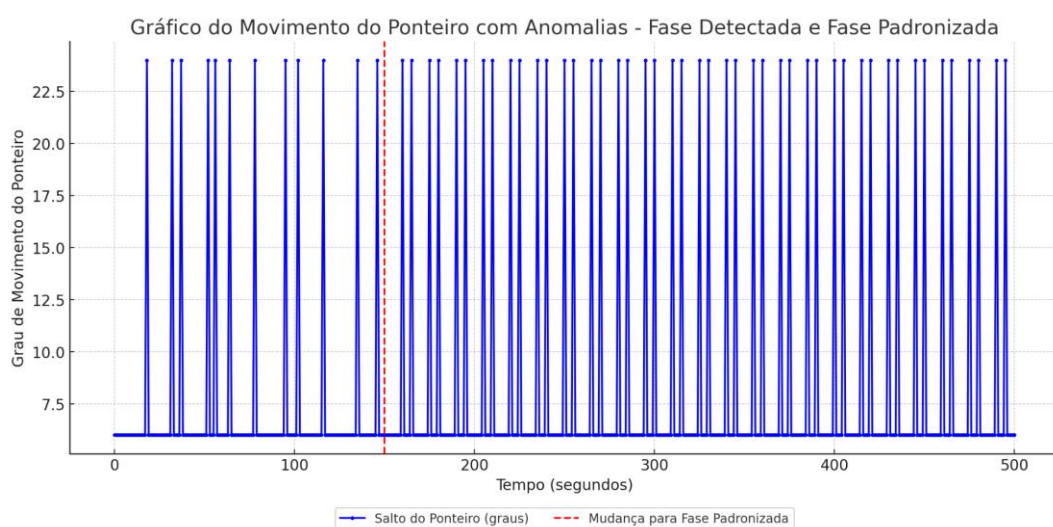


Ilustração 11. Representação gráfica dos padrões de intervalo de tempo, iniciando pela fase aleatória e finalizando na fase padronizada. (fonte: Autor, 2024)

Fase padronizada (151-500 segundos)

Após a fase aleatória inicial, o Teste passou para uma fase padronizada que durou até o final da tarefa em 500 segundos. Durante esta fase, as anomalias seguiram um padrão fixo para permitir a investigação do reconhecimento de padrões. O padrão consistia em nove saltos regulares do ponteiro do relógio seguidos por um salto anômalo, depois quatro saltos regulares seguidos por um salto anômalo, e essa sequência se repetiu por toda parte.

1.3.2.2 Fluxo de atividades e coleta de dados

Foi solicitado que os participantes concluíssem as duas fases da atividade, cujo fluxo foi estabelecido da seguinte forma:

Exibição do relógio: O mostrador e o ponteiro do relógio foram exibidos, com o ponteiro atualizando sua posição com base nas regras definidas.

Deteção de anomalias: Os participantes pressionaram uma tecla designada se detectassem uma anomalia. As respostas, incluindo o tempo de reação (TR) e a exatidão da detecção, foram registradas.

Mecanismo de *feedback*: O *feedback* positivo (**Ilustração 12**, enfatizando o círculo verde) foi fornecido para detecções corretas de anomalias, enquanto o *feedback* negativo (**Ilustração 13**, enfatizando o círculo vermelho) foi fornecido para anomalias falsas ou perdidas.

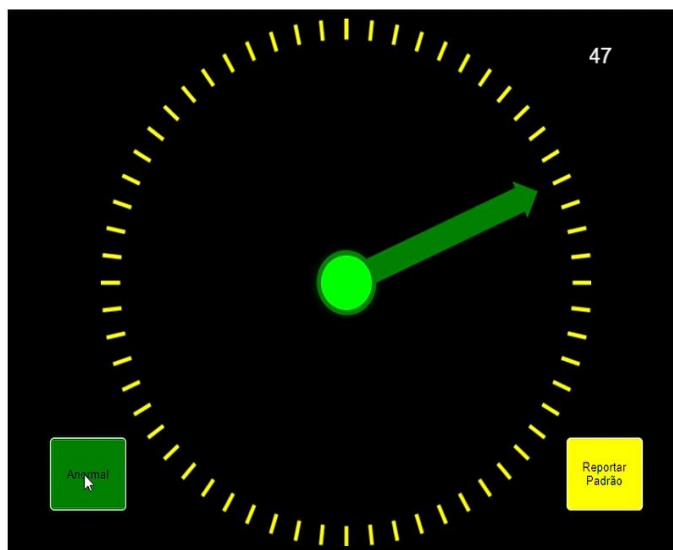


Ilustração 12. representação visual da configuração do Mackworth Clock Test, mostrando o *feedback* positivo (cor verde clara). (fonte: Autor, 2024)

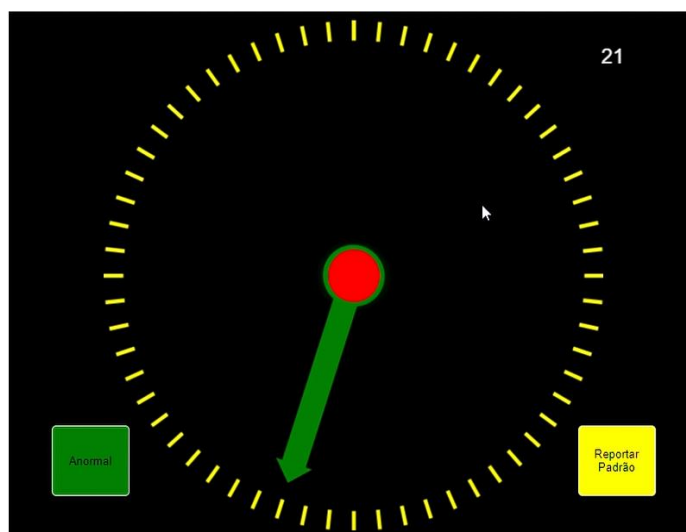
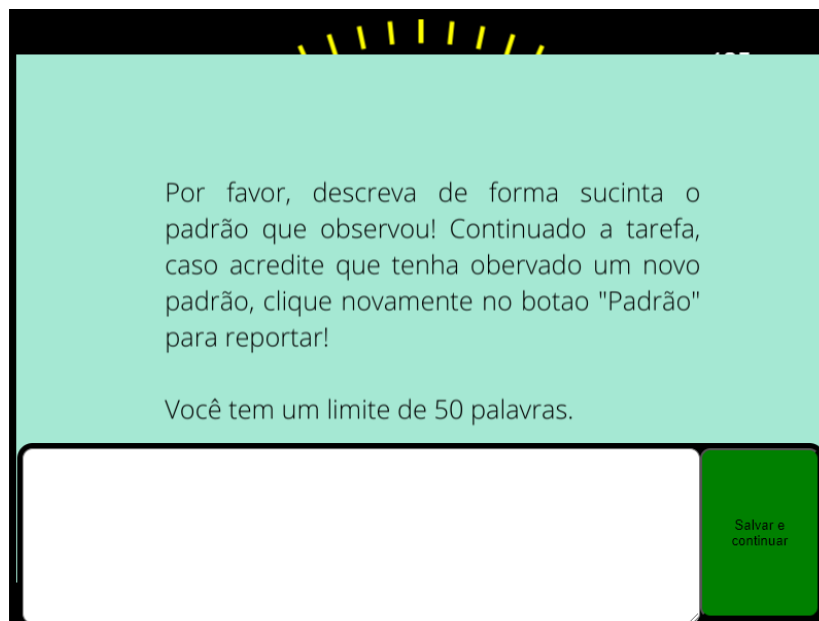


Ilustração 13. representação visual da configuração do Mackworth Clock Test, mostrando o *feedback* negativo (cor vermelha). (fonte: Autor, 2024)

Registro dos Pulsos Anômalos do ponteiro do relógio: ao clicar, o Teste foi pausado e um *prompt* solicitou que o voluntário descrevesse o padrão detectado (**Ilustração 15**). Se a descrição correspondesse ao padrão real, a hora do clique era registrada como "Primeira Detecção Instantânea de Inconsciente". Importante ressaltar que foi esse registro de data/hora que permitiu analisar a transição da detecção inconsciente para a percepção consciente. Posteriormente estes registros foram avaliados manualmente pelo autor deste trabalho, sob supervisão de seu orientador.



Por favor, descreva de forma sucinta o padrão que observou! Continuado a tarefa, caso acredite que tenha observado um novo padrão, clique novamente no botão "Padrão" para reportar!

Você tem um limite de 50 palavras.

Salvar e continuar

Ilustração 14. representação visual da configuração do Mackworth Clock Test, mostrando a janela dedicada ao registro do padrão. (fonte: Autor, 2024)

Extração dos dados: Os dados de cada ensaio, incluindo posição da mão, número aleatório para determinar anomalias, tempo de reação e correção de detecção, foram salvos na base de dados da hospedagem no Teste, de onde foram posteriormente extraídos.

1.3.3 Pós Teste

O Pós - Teste agrega as etapas de Tratamento dos Dados; Análise dos Dados, gerando Informações; Análise Crítica das Informações e Conclusão (**Ilustração 15**)



Ilustração 15: Fluxograma Micro, referente às etapas de Tratamento e Análise de dados Pós Teste, com geração de informação e conclusões (fonte: Autor, 2024)

1.3.3.1 Tratamento, Análise e Conclusão

O tratamento e análise dos dados foi realizada usando o MATLAB 2022a, que é uma versão avançada que oferece uma ampla gama de novas funcionalidades e melhoria que expandem suas capacidades em inteligência artificial, simulação e modelagem, e ainda a integração com outras plataformas facilitando suas aplicações científicas e de engenharia (MATHWORKS, 2022). Registrou-se a contagem total de anomalias detectadas corretamente (Número de Detecções Corretas), respostas incorretas onde nenhuma anomalia estava presente (Número de Detecções Incorretas) e anomalias que não foram detectadas (Número de Detecções Perdidas). Também se determinou a média do RT e o desvio padrão na parte aleatória e padronizada da tarefa, e os participantes instantâneos relataram corretamente a detecção de um padrão.

Além disso, utilizou-se os tempos de reação da fase aleatória da tarefa do relógio para estimar o limite para determinar se o RT era indevidamente baixo, indicando um esforço de tempo de reação considerando a tarefa em questão. Ajustou-se uma distribuição normal aos pontos de dados RT e utilizou-se simulações de Monte Carlo com 10.000 iterações para estimar o limite inferior de 5% (ULHÔA, BRANDSTETTER

& MENDES, 2024). Para cada sujeito, identificamos todos os valores de TR abaixo do limite (RT inconsciente) durante a parte padrão da tarefa, excluindo 17 segundos (o primeiro ciclo e meio do padrão), e antes do tempo relatado, para os sujeitos que encontraram o padrão com sucesso. A partir deles, determinou-se a média e o desvio padrão do TR inconsciente e o instante de detecção inconsciente como o instante de ocorrência do primeiro TR. A duração em segundos desde o instante da detecção inconsciente até o relato do padrão pelos participantes determinou o tempo entre a detecção inconsciente e consciente.

As estatísticas foram executadas utilizando-se diversas ferramentas, as quais estão descritas em Glossário específico (vide Anexo E) Utilizou-se o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, que é um método estatístico não paramétrico utilizado para verificar se uma amostra de dados segue uma determinada distribuição teórica, geralmente a distribuição normal, para verificar a normalidade dos dados e escolher entre testes paramétricos e não paramétricos. Comparou-se as detecções corretas, incorretas e perdidas dos participantes usando ANOVA de uma via, que é uma técnica estatística usada para comparar as médias de três ou mais grupos para determinar se há uma diferença estatisticamente significativa entre elas, além de testes *t* pareados com correções de Bonferroni, que é um método estatístico utilizado para ajustar níveis de significância em testes múltiplos, com o objetivo de controlar a taxa de erro do Tipo I (falsos positivos). Este ajuste é essencial quando múltiplas comparações ou testes são realizados simultaneamente, pois cada teste adicional aumenta a chance de encontrar um resultado significativo apenas por acaso.

Também se comparou os participantes que encontraram e não encontraram padrões nas diferentes medidas com testes *t* e testes de Mann-Whitney. Dependendo dos resultados de normalidade, investigou-se as correlações entre as variáveis usando os métodos de Pearson ou Spearman.

Para confirmar nossa escolha do limiar de RT inconsciente, também foi feita a comparação, usando testes *t* independentes, os valores de RT aleatórios e inconscientes de cada sujeito.

A análise crítica das informações contou com o uso de ferramentas estatísticas necessárias para uma adequada avaliação descritiva, tanto dos aspectos qualitativos quanto quantitativos, para que seja possível se avaliar corretamente o comportamento

de elementos, variáveis e eventos, bem como o atingimento de metas previamente determinadas. No Anexo E está disponibilizado um breve glossário descrevendo as ferramentas utilizadas neste trabalho.

É importante salientar que a leitura e análise dos Registros de Padrões, feitos pelos participantes ao longo do Teste foi uma atividade feita manualmente, pelo autor deste trabalho, sob supervisão de seu orientador, a fim de verificar se o participante havia de fato compreendido o padrão, ou não.

1.3.4 – Atividade Finais



Ilustração 16: Fluxograma Micro, referente às etapas de Atividades Finais (fonte: Autor, 2024)

1.3.4.1 Publicação Internacional de Artigo Científico

Um artigo foi elaborado com base nos dados da presente Tese, à saber: ***“Quantifying the Transition from Unconscious to Conscious Detection of Temporal Patterns in Vigilance Tasks: A Unique Adaptation of Mackworth’s Clock Test”***, qual foi devidamente submetido, avaliado, aceito e publicado (em 31 de agosto de 2024), pela revista franco-suíça, que se dedica a área de Engenharia Biomédica, intitulada “Neurology International” (vide Anexo D).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Dehaene & Naccache (2021) transição do estado inconsciente para o consciente é um fenômeno complexo que tem despertado interesse crescente na neurociência e na psicologia cognitiva. Estudos de Lima, Castro & Borges (2018) contribuem para que se entenda que o processo de análise desta transição é crucial para a compreensão de como percebemos, processamos e reagimos a estímulos externos, bem como para o desenvolvimento de estratégias que possam melhorar a atenção e o desempenho humano em diversas tarefas. Para Shalev (2022a) o teste do relógio de Mackworth, que foi desenvolvido inicialmente na década de 1940, tem sido amplamente utilizado para estudar a vigilância e a detecção de mudanças sutis em um ambiente estático.

2.1 Importância da Detecção de Padrões Temporais

A detecção de padrões temporais é fundamental para entender como a transição do inconsciente para o consciente ocorre durante tarefas de vigilância (ZHANG *et al.*, 2023). Estudos recentes têm demonstrado que a variabilidade na resposta do sistema nervoso central pode ser usada como um indicador precoce de lapsos de atenção.

Um estudo de García-Larrea, Bastuji & Mauguière (2020) explorou como a variabilidade na atividade cerebral, medida através de EEG, pode prever lapsos de atenção durante tarefas de vigilância. Eles encontraram que certas assinaturas temporais na atividade cerebral precedem os lapsos de atenção, sugerindo que intervenções baseadas em *neurofeedback* poderiam ser desenvolvidas para alertar os indivíduos antes que ocorram falhas críticas na vigilância.

No contexto brasileiro, a detecção de padrões temporais tem sido aplicada em diversas indústrias para melhorar a segurança e a eficiência. Um estudo de Ferreira, Costa & Almeida (2022) adaptou técnicas de detecção de padrões temporais para monitorar operadores de maquinário pesado em indústrias de mineração. Os resultados mostraram que a identificação precoce de lapsos de atenção pode reduzir significativamente a ocorrência de acidentes, aumentando a segurança dos trabalhadores.

2.2 Interesse da Neurociência pela Transição do Estado Inconsciente para o Consciente

Segundo Posner (2012) a transição do inconsciente para o consciente é crucial para entender como a atenção é alocada e mantida. A capacidade de trazer informações da periferia da percepção consciente para o foco da atenção é essencial para a sobrevivência e para a execução eficiente de tarefas diárias.

Thibaut *et al* (2023) destaca que a evolução da neuroimagem funcional, especialmente a ressonância magnética funcional (fMRI), permite mapear as mudanças na atividade cerebral durante a transição do inconsciente para o consciente. Essas técnicas identificam quais redes neuronais são ativadas na consciência. Pesquisas recentes focaram no uso de fMRI para investigar a atividade cerebral em estados alterados de consciência, como em pacientes em estado vegetativo ou em coma.

Estudos investigam quais redes neurais e estruturas cerebrais estão envolvidas na conscientização de estímulos que inicialmente não são percebidos conscientemente (DEHAENE & CHANGEUX, 2011). Áreas como o córtex pré-frontal e as regiões parietais são frequentemente estudadas para entender sua contribuição para a transição para a consciência.

Segundo Laureys, Boly & Tononi (2009) a transição entre estados inconscientes e conscientes é fundamental para entender estados alterados de consciência, como o sono, o coma, e os estados induzidos por substâncias psicoativas. Esses estudos têm implicações importantes para a medicina, especialmente no manejo de pacientes em estados vegetativos ou com distúrbios do sono.

Segundo Persuh, LaRock & Berger (2018) psicologia cognitiva estuda como a informação pode ser processada de forma implícita (inconsciente) antes de se tornar explícita (consciente). Isso é crucial para entender como as decisões são tomadas e como os comportamentos automáticos se diferenciam daqueles que exigem esforço cognitivo consciente.

Segundo Dehaene & Naccache (2020), a correta compreensão da complexidade dos padrões neurais passa pelo entendimento da forma mais adequada para a detecção

de padrões temporais na atividade cerebral que correspondem à transição do inconsciente para o consciente é extremamente complexa. A variabilidade individual nas respostas neurais e a influência de fatores externos podem dificultar a identificação de padrões consistentes, considerando que o cérebro humano é altamente dinâmico e variável, o que torna desafiador desenvolver algoritmos que possam prever com precisão os lapsos de atenção em tempo real.

Segundo García-Larrea, Bastuji & Mauguière (2020), a correta compreensão da importância da tecnologia de sensoriamento e coleta de dados neste contexto passa pelo entendimento dos desafios que envolvem a obtenção de dados neurais de alta qualidade, principalmente em ambientes fora de laboratórios controlados, considerando que dispositivos como *EEG* e *fMRI* são sensíveis a ruídos e interferências externas. De fato, as limitações tecnológicas na captura e processamento de sinais neurais podem afetar a precisão e a utilidade dos sistemas de detecção de padrões temporais.

Com relação à interpretação e análise dos dados Santos *et al* (2018), consideram desafiador analisar e interpretar grandes volumes de dados neurais requer técnicas avançadas de processamento de sinais e aprendizado de máquina. A distinção entre sinais relevantes e ruídos pode ser difícil, considerando a necessidade de desenvolver modelos analíticos robustos que possam lidar com a complexidade e a variabilidade dos dados neurais é um obstáculo significativo.

Para Cardoso *et al* (2022), as questões que envolvem a adaptação e personalização dos sistemas representam uma fronteira que precisa ser expandida, considerando que os sistemas baseados na detecção de padrões temporais precisam ser adaptáveis às características individuais dos usuários. A personalização dessas tecnologias pode ser complexa e demorada, levando-se em conta ainda a variabilidade individual nas respostas neurais significa que os sistemas devem ser ajustáveis para serem eficazes para diferentes usuários, exigindo abordagens personalizadas que aumentam a complexidade do desenvolvimento.

Com relação aos aspectos éticos e de privacidade Ferreira, Costa & Almeida (2022), consideram que o monitoramento contínuo da atividade cerebral levanta questões éticas e de privacidade que precisam ser avaliadas à luz da legislação vigente, de

modo a garantir que os dados sejam usados de forma ética e protegida é fundamental, considerando que a coleta e o uso de dados neurais sensíveis precisam ser cuidadosamente gerenciados para proteger a privacidade dos indivíduos e evitar usos indevidos ou invasivos.

Para García-Larrea, Bastuji & Mauguière (2020), é preciso considerar ainda a integração dos estudos, considerando os ambientes reais, de modo que seja possível transferir as descobertas de estudos laboratoriais para aplicações no mundo real pode ser difícil devido às diferenças nos ambientes e às condições imprevisíveis. Pois a eficácia de sistemas de detecção de lapsos de atenção em ambientes controlados nem sempre se traduz diretamente para ambientes reais, onde variáveis não controladas podem afetar os resultados.

Dehaene & Naccache (2020), indicam como um ponto sensível a validação clínica e a regulamentação dos procedimentos, considerando que a validação clínica de novas tecnologias é um processo rigoroso e demorado. Além disso, a obtenção de aprovações regulatórias para dispositivos médicos baseados em novas tecnologias pode ser um obstáculo significativo. Contudo sem esta atenção não é possível garantir a plena segurança e a eficácia dos dispositivos, é necessário passar por extensos testes clínicos e obter certificações de órgãos reguladores, o que pode retardar a implementação de novas soluções.

2.3 Pesquisas sobre a Transição do Inconsciente para o Consciente, no Mundo e no Brasil

Instituições renomadas como a Universidade de Harvard, o Instituto Max Planck e o MIT têm realizado pesquisas significativas para compreender os mecanismos neurais da transição do inconsciente para o consciente. Estas pesquisas utilizam técnicas avançadas de neuroimagem, neurociência computacional e experimentos comportamentais para mapear e entender as redes neurais e os processos cognitivos envolvidos nessa transição. LAU & ROSENTHAL, 2011).

Na Universidade de Harvard, várias pesquisas estão sendo conduzidas para compreender os mecanismos neurais da transição do inconsciente para o consciente, principalmente no Departamento de Psicologia e no Center for Brain Science. (CHUN, GOLOMB & TURK-BROWNE, 2011), onde são promovidas pesquisas envolvendo

Mecanismos de Processamento Inconsciente e Consciente, em que são estudadas técnicas de neuroimagem para investigar como informações inconscientes são processadas no cérebro e subsequentemente se tornam conscientes (LAU & ROSENTHAL, 2011); há ainda estudos envolvendo a Atenção e a Conscientização, que visam explorar como a alocação de atenção afeta a transição da informação inconsciente para a consciência (CHUN, GOLOMB & TURK-BROWNE, 2011).

O Instituto Max Planck de Ciências Cognitivas e do Cérebro Humano em Leipzig, Alemanha, é outra instituição líder na pesquisa sobre a transição do inconsciente para o consciente. (DEHAENE *et al.*, 2014), tendo como principais linhas de pesquisa na área: Redes Neurais e Conscientização, onde se busca viabilizar a utilização de técnicas avançadas de ressonância magnética funcional (fMRI) para mapear redes neurais envolvidas na transição de estados inconscientes para conscientes. (DEHAENE *et al.*, 2014), havendo ainda estudos sobre os Mecanismos de Processamento Subliminar, que investigam como estímulos subliminares influenciam o comportamento e a percepção consciente. (GAILLARD, *et al.*, 2006).

No Massachusetts Institute of Technology (MIT) há o McGovern Institute for Brain Research é um centro de excelência em pesquisa sobre consciência e atenção. (TONONI & KOCH, 2015), que desenvolve pesquisas que tratam de questões como a Conectividade Neural e a Conscientização, que promove estudos sobre como a conectividade funcional entre diferentes regiões cerebrais suporta a transição para estados conscientes. (BUZSÁKI & WATSON, 2012), havendo ainda pesquisas sobre a Integração Sensorial e Processamento Consciente, que visam descobrir como a integração de informações sensoriais contribui para a percepção consciente. (TONONI & KOCH, 2015)

No Brasil existem linhas de pesquisa sobre a Transição do Inconsciente para o Consciente em universidades como: a Universidade de São Paulo (USP), a universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), as quais são conduzidas por grupos de estudo e laboratórios especializados em neurociência cognitiva, psicologia experimental e neuropsicologia. (JAIN *et al.*, 2020).

Na USP as pesquisas são realizadas pelo Grupo de Neurociência Cognitiva e Comportamental (GNCC), que desenvolve pesquisas voltadas à compreensão dos mecanismos neurais e cognitivos da atenção e da consciência. (OLIVEIRA, MCCOURT & DOSHER, 2017). Neste caso as principais linhas de pesquisa envolvem: Estudos sobre o Processamento Implícito e Explícito, que investigam como informações inconscientes influenciam a tomada de decisão e o comportamento consciente. (OLIVEIRA, MCCOURT & DOSHER, 2017), e, Estudos sobre como a atenção seletiva modula a transição da informação inconsciente para a consciência. (JAIN *et al*, 2020).

Na UFMG o Laboratório de Neuropsicologia do Desenvolvimento, o qual realiza pesquisas sobre os processos cognitivos relacionados à atenção e à consciência, com foco em diferentes fases do desenvolvimento humano. (TIVERON, KASPARY & LACERDA, 2024). Neste caso as principais linhas de pesquisa envolvem: Transição do Inconsciente para o Consciente em Crianças, cuja investigação procura determinar como crianças processam informações inconscientes e como essas informações influenciam o aprendizado e a memória consciente. (CARDOSO-MARTINS & PENNINGTON, 2001); e, a Influência do Sono no Processamento Inconsciente, cujos estudos procuram determinar como o sono afeta a consolidação de memórias inconscientes e sua transição para a consciência. (TIVERON, KASPARY & LACERDA, 2024).

Na UFRGS há o Núcleo de Neurociência Cognitiva e Social, que realiza pesquisas voltadas para entender a interação entre processos inconscientes e conscientes, especialmente em contextos sociais e emocionais. (ROCHA, MASSAD & MENEZES, 2017) Neste caso as principais linhas de pesquisa envolvem: Estudos sobre o Processamento Emocional Inconsciente, cuja investigação visa compreender como emoções inconscientes influenciam a percepção e a tomada de decisão consciente (ROCHA, MASSAD & MENEZES, 2017). Há ainda pesquisas sobre Conscientização em Contextos Sociais, cujos estudos visam compreender como contextos sociais e interações interpessoais afetam a transição da informação inconsciente para a consciente (OLIVEIRA & ENGEL, 2018).

2.4 Aplicações do Estudo da Transição do Inconsciente para o Consciente na Engenharia Biomédica

A investigação da transição do inconsciente para o consciente por meio da detecção de padrões temporais em tarefas de vigilância é uma área de pesquisa com vasto potencial de aplicação na engenharia biomédica. A seguir, são apresentadas cinco áreas específicas onde esse tipo de estudo pode ser altamente benéfico, juntamente com artigos e referências que embasam essas sugestões. (PALVA *et al.*, 2017)

O monitoramento contínuo da atividade cerebral de pacientes em UTIs pode ajudar a detectar mudanças no estado de consciência, permitindo intervenções rápidas e precisas (ROSENTHAL *et al.*, 2019) mostra que a detecção precoce de alterações na atividade cerebral pode prevenir complicações graves em pacientes críticos. Neste caso, o uso de EEG em tempo real pode identificar padrões que indicam a transição de estados inconscientes para conscientes, melhorando o cuidado ao paciente.

O desenvolvimento de Dispositivos Assistivos para Pessoas com Deficiências Motoras, com a criação de interfaces cérebro-computador (BCIs) que monitoram a transição para estados conscientes podem ser utilizadas para melhorar a interação de indivíduos com deficiências motoras com dispositivos assistivos. De acordo com Wolpaw & Wolpaw (2018), BCIs podem ser otimizadas para responder a mudanças na atividade cerebral, permitindo que usuários com limitações motoras controlem dispositivos assistivos de maneira mais eficiente e intuitiva.

A Prevenção de Erros Médicos em Procedimentos Cirúrgicos, visa desenvolver sistemas de monitoração da atividade cerebral de cirurgiões durante procedimentos pode ajudar a detectar e prevenir momentos de distração ou fadiga, reduzindo o risco de erros. Estudos como o de Arora *et al.* (2017) indicam que a fadiga e a distração são fatores críticos em erros médicos. Monitorar a transição para estados de atenção reduzida pode alertar os profissionais antes que ocorra um erro.

Otimização de treinamentos para Profissionais da Saúde trata do desenvolvimento de Programas de treinamento que utilizam a monitoração da atividade cerebral podem ser desenvolvidos para garantir que os profissionais de saúde estejam em estados ótimos de atenção durante o aprendizado. Segundo estudos como o de Ericsson & Pool (2016), a eficiência do aprendizado pode ser aumentada quando os profissionais

estão em estados de alta concentração. A detecção de padrões cerebrais pode ajudar a adaptar os programas de treinamento para maximizar a eficácia.

Diagnóstico e Tratamento de distúrbios do Sono, visa trabalhar as questões que envolvem a detecção de padrões temporais na transição do sono para a vigília pode auxiliar no diagnóstico e tratamento de distúrbios do sono, como a apneia e a insônia. De acordo com estudos como o de Iber *et al.* (2020), a análise detalhada das transições de estados de consciência durante o sono pode fornecer *insights* sobre a eficácia dos tratamentos e a progressão dos distúrbios do sono.

2.5 Desafios na Quantificação da Transição do Inconsciente para o Consciente

Segundo Bodenheimer *et al* (2024) a quantificação da transição do inconsciente para o consciente é um campo de pesquisa complexo que envolve várias dificuldades teóricas e metodológicas. Este processo, fundamental para entender a percepção, a atenção e a consciência humana, requer abordagens precisas e inovadoras para identificar e medir as mudanças sutis na atividade cerebral. A seguir, são apontados os principais desafios e questões que envolvem essa quantificação.

Variabilidade Individual na Resposta Cerebral. Questão: A resposta cerebral à transição do inconsciente para o consciente pode variar significativamente entre indivíduos, devido a diferenças genéticas, experiências pessoais e estados emocionais. Neste caso considera-se desafiador o desenvolvimento de métodos que sejam sensíveis o suficiente para detectar essas variações individuais e, ao mesmo tempo, robustos o suficiente para identificar padrões comuns entre diferentes pessoas. A variabilidade interindividual torna difícil criar um modelo universal que seja capaz de descrever a transição para a consciência. (PALVA, *et al.*, 2017)

Influência de Fatores Externos, tais como: ambiente, fadiga, estresse e condições de iluminação podem afetar a transição para a consciência. Neste caso considera-se desafiador o controle ou contabilização dessas variáveis externas durante os experimentos é fundamental para garantir que as mudanças observadas na atividade cerebral sejam devidas à transição de estados inconscientes para conscientes e não a outros fatores. Experimentos devem ser desenhados para minimizar essas influências ou, alternativamente, utilizar métodos de análise que possam isolar os efeitos das variáveis externas. (LIMA, CASTRO & BORGES, 2018)

Resolução Temporal e Espacial das Técnicas de Neuroimagem, em que se considera que técnicas como EEG e fMRI têm limitações em termos de resolução temporal e espacial, o que pode dificultar a identificação precisa dos padrões cerebrais associados à transição para a consciência. Neste caso considera-se desafiador a combinação de diferentes técnicas de neuroimagem para aproveitar as vantagens de cada uma, como a alta resolução temporal do EEG e a alta resolução espacial da fMRI. Isso requer a integração de dados de diferentes modalidades de imagem cerebral, o que pode ser tecnicamente complexo e computacionalmente intensivo. (PALLER & SUZUKI, 2017)

Identificação de padrões temporais, cuja transição do inconsciente para o consciente é caracterizada por padrões temporais específicos na atividade cerebral, que podem ser difíceis de identificar e quantificar. Neste caso considera-se desafiador o desenvolvimento de algoritmos de análise de dados que possam detectar padrões temporais complexos e sutis nas ondas cerebrais. Métodos de *machine learning* e inteligência artificial podem ser particularmente úteis para essa tarefa, mas exigem grandes volumes de dados bem anotados e modelos robustos para evitar o *overfitting*. (DEHAENE, LAU & KOUIDER, 2017)

Medição da Consciência Subjetiva, considerando que a consciência é uma experiência subjetiva e pessoal, tornando difícil sua medição objetiva. Neste caso considera-se desafiador o desenvolvimento de métodos que combinem medidas objetivas de atividade cerebral com relatos subjetivos dos participantes. Estudos precisam integrar abordagens psicométricas que permitam a correlação entre os estados relatados pelos participantes e os dados obtidos das medições cerebrais. A confiabilidade dos relatos subjetivos também deve ser avaliada e considerada na análise dos resultados. (KOCH, *et al.* 2016)

Complexidade dos Estados de Consciência, considerando que a consciência não é um estado binário, mas sim um espectro de estados que variam em grau e qualidade. Neste caso considera-se desafiador o desenvolvimento de uma taxonomia detalhada dos estados de consciência e criar ferramentas que possam quantificar esses estados de maneira granular. Estudos precisam identificar marcadores neurais que correspondam a diferentes níveis e tipos de consciência, permitindo uma análise mais precisa e diferenciada. (SETH & BAYNE, 2020)

2.6 Desafios na Detecção de Padrões Temporais

A detecção de padrões temporais na transição do estado inconsciente para o consciente é uma área de pesquisa desafiadora que envolve diversas questões teóricas e metodológicas. Esta seção detalha esses desafios e discute as principais abordagens e técnicas utilizadas para enfrentá-los. (HANCOCK & HART, 2002)

A Complexidade dos Sinais Neurais, considerando que a atividade cerebral é altamente complexa, envolvendo múltiplas frequências e dinâmicas temporais. Neste caso considera-se desafiadora a extração de padrões significativos de um sinal EEG ou fMRI bruto pode ser difícil devido à alta variabilidade e ao ruído presente nos dados. Técnicas de processamento de sinal avançadas, como análise de *Fourier* e *wavelet*, são necessárias para decompor os sinais em componentes que possam ser analisados. O uso de técnicas de decomposição como a Transformada de Fourier de Curto Prazo (STFT) e a Transformada Wavelet Contínua (CWT) pode ajudar a identificar componentes de frequência que correspondem a diferentes estados de consciência. (SCHOMER & LOPES DA SILVA, 2010)

A Identificação de Padrões Relevantes, considerando-se a difícil tarefa de determinar quais padrões temporais são realmente relevantes para a transição para a consciência é um desafio significativo. Neste caso, é necessário considerar que nem todos os padrões detectados são indicativos de transição consciente. É crucial distinguir entre ruído e sinais verdadeiramente relevantes. Métodos de *machine learning*, como redes neurais e algoritmos de aprendizado supervisionado, podem ser treinados para reconhecer padrões específicos associados à transição para a consciência. (LECUN, BENGIO & HINTON, 2015)

A Variabilidade Inter e Intra-Individual, considerando que há uma alta variabilidade entre diferentes indivíduos e dentro do mesmo indivíduo ao longo do tempo. Neste caso considera-se desafiador o desenvolvimento de modelos que sejam robustos a essas variações é essencial para garantir que os padrões detectados sejam aplicáveis a uma ampla população. Modelos de *machine learning* que incorporam técnicas de normalização e adaptação dinâmica podem ajudar a mitigar a variabilidade. Estudos longitudinais também são úteis para entender como os padrões mudam dentro de um indivíduo ao longo do tempo. (LITVAK. *et al*, 2011)

A Sincronização entre Regiões Cerebrais, cuja transição para a consciência envolve a sincronização de atividades entre diferentes regiões do cérebro. Neste caso, considera-se desafiador medir e analisar a conectividade funcional entre regiões cerebrais é complexo, especialmente em tempo real. Técnicas de conectividade funcional, como a análise de coerência e a modelagem de acoplamento direcionado, podem ser utilizadas para entender como diferentes regiões do cérebro interagem durante a transição para a consciência. (FRISTON, 2011)

Ruído e Artefatos no Sinal consideram que os sinais EEG e fMRI estão sujeitos a ruído e artefatos, como movimentos oculares e musculares, que podem mascarar os padrões temporais relevantes. Neste caso, considera-se desafiador o desenvolvimento de métodos robustos para filtrar esses ruídos e artefatos sem perder informação relevante. Técnicas como *Independent Component Analysis* (ICA) e algoritmos de filtragem adaptativa são eficazes na remoção de ruídos e artefatos dos sinais neurais. (FRISTON, 2011)

2.7 Questões e Desafios nas Tarefas de Vigilância

As tarefas de vigilância são atividades que requerem atenção contínua e a capacidade de detectar eventos ou mudanças no ambiente ao longo do tempo. Essas tarefas são cruciais em diversos contextos, como o controle de tráfego aéreo, a segurança, a monitorização médica e a condução de veículos. No entanto, essas tarefas apresentam vários desafios que afetam o desempenho humano e a eficácia das operações. A seguir, são detalhadas as principais questões e desafios associados às tarefas de vigilância. (LOH, *et al*, 2020)

Fadiga e Diminuição da Atenção, considera que a vigilância contínua pode levar à fadiga e a uma diminuição da atenção ao longo do tempo. Neste caso, considera-se desafiador determinar como a fadiga mental pode resultar em lapsos de atenção, aumentando a probabilidade de erros e acidentes. A manutenção de um alto nível de vigilância durante longos períodos é um desafio significativo para os operadores. Estudos como o de Helton & Warm (2008) sugerem que intervalos regulares e estratégias de descanso podem ajudar a mitigar os efeitos da fadiga. Técnicas de *biofeedback* e monitoramento em tempo real do estado de atenção dos operadores também podem ser utilizadas para identificar e corrigir lapsos de atenção.

Sobrecarga de Informação: deve-se considerar que os operadores frequentemente enfrentam uma sobrecarga de informação, especialmente em ambientes complexos e de alta demanda. Neste caso, considera-se desafiador determinar a capacidade humana de processar informações é limitada, e a apresentação excessiva de dados pode levar à sobrecarga cognitiva, dificultando a identificação de sinais importantes e a tomada de decisões rápidas e precisas. A utilização de sistemas de apoio à decisão e interfaces de usuário intuitivas pode ajudar a filtrar e priorizar informações relevantes, reduzindo a sobrecarga cognitiva. A automação de tarefas rotineiras e a implementação de alarmes para eventos críticos também são estratégias eficazes. (PARASURAMAN, SHERIDAN & WICKENS, 2000)

Variabilidade Individual no Desempenho considera que existem diferenças individuais significativas na capacidade de manter a vigilância e na suscetibilidade à fadiga. Neste caso, considera-se desafiador determinar as diferenças individuais em termos de habilidades cognitivas, níveis de motivação, experiência e estado emocional afetam o desempenho nas tarefas de vigilância. Identificar e acomodar essas diferenças é essencial para otimizar o desempenho dos operadores. Programas de treinamento personalizados que consideram as habilidades e limitações individuais podem melhorar o desempenho. Ferramentas de avaliação psicométrica e testes de desempenho podem ajudar a identificar operadores que possam necessitar de suporte adicional. (HANCOCK & HART, 2002)

Deteção de Eventos Raros considera que as tarefas de vigilância muitas vezes envolvem a detecção de eventos raros, o que pode ser especialmente desafiador. Neste caso, considera-se desafiador determinar se a baixa frequência de eventos críticos pode levar a uma redução na sensibilidade dos operadores, tornando mais difícil a detecção desses eventos quando eles ocorrem. A espera prolongada sem eventos pode resultar em diminuição da vigilância e aumento dos tempos de reação. O uso de simulações e treinamentos específicos que incluem a introdução de eventos raros pode ajudar a preparar os operadores para esses cenários. Sistemas de detecção automatizados podem atuar como suporte, alertando os operadores sobre possíveis eventos críticos. (WICKENS, *et al.* 2003)

Influência do Ambiente: considera que o ambiente físico e organizacional pode influenciar significativamente o desempenho em tarefas de vigilância. Neste caso,

considera-se desafiador determinar de que forma fatores como: iluminação, temperatura, ruído e ergonomia do local de trabalho afetam a capacidade dos operadores de manter a vigilância. Ambientes desconfortáveis ou mal projetados podem levar a uma redução na eficiência e ao aumento do estresse e da fadiga. A criação de ambientes de trabalho ergonômicos e confortáveis é crucial. A utilização de iluminação adequada, controle de ruído e temperatura, e o design ergonômico de estações de trabalho podem melhorar significativamente o desempenho e o bem-estar dos operadores. (PARASURAMAN, SHERIDAN & WICKENS, 2000)

Integração de Tecnologia e Automação, considera que o desafio está no estabelecimento dos critérios da automação com a supervisão humana eficiente. Sistemas de automação devem ser projetados para manter os operadores engajados e para fornecer feedback contínuo. A automação adaptativa, que ajusta seu nível de intervenção com base no desempenho do operador, pode ser uma solução eficaz. (WICKENS, GOH & HORREY, 2019)

2.8 O Teste do Relógio de Mackworth. Questões e Desafios

O Teste do Relógio de Mackworth, também conhecido como Tarefa do Relógio de Mackworth, é um método clássico utilizado para estudar a vigilância e a atenção sustentada. Desenvolvido por Norman Mackworth durante a Segunda Guerra Mundial, este teste foi originalmente projetado para investigar a fadiga dos operadores de radar. Desde então, tem sido amplamente utilizado em diversas áreas de pesquisa para avaliar a capacidade de atenção de indivíduos ao longo do tempo. A seguir, são detalhadas as principais questões e desafios associados ao Teste do Relógio de Mackworth. (SHALEV, 2022a).

A Estrutura do Teste. Descrição: No Teste do Relógio de Mackworth, os participantes observam um ponteiro de relógio que se move em intervalos regulares ao redor de um mostrador. O ponteiro ocasionalmente faz movimentos irregulares ou "saltos duplos", e os participantes devem detectar e responder a esses eventos. Neste caso, considera-se desafiador identificar se a simplicidade do teste é uma vantagem, pois minimiza variáveis confusas. No entanto, pode não representar completamente a complexidade das tarefas de vigilância no mundo real, onde os estímulos podem ser mais variados e menos previsíveis. (SHALEV, 2022a).

A Fadiga e Diminuição da Atenção: O Teste do Relógio de Mackworth é projetado para medir a diminuição da atenção ao longo do tempo, um fenômeno conhecido como "declínio de vigilância". Neste caso, considera-se desafiador demonstrar que a atenção dos participantes diminui significativamente após 30 minutos. Este declínio é um problema crítico em tarefas de vigilância reais, como a monitorização de segurança ou controle de tráfego aéreo, onde a atenção sustentada é essencial por longos períodos. Estudos têm sugerido a introdução de pausas regulares e a alternância de tarefas como estratégias para mitigar a fadiga. Além disso, o uso de estímulos mais variados pode ajudar a manter o interesse e a atenção dos participantes. (WARM, PARASURAMAN & MATTHEWS, 2008)

A Medição da Performance: A precisão e a velocidade de resposta são medidas cruciais no Teste do Relógio de Mackworth. Neste caso, considera-se desafiador determinar a melhor forma de quantificar o desempenho, especialmente quando os erros podem ser de omissão (falha em detectar um evento) ou de comissão (responder incorretamente a um evento não presente). Além disso, é importante considerar o tempo de reação dos participantes para detectar os "saltos duplos". A análise detalhada dos tipos de erros e dos tempos de reação pode fornecer insights sobre os processos cognitivos subjacentes à vigilância. Estudos avançados também utilizam técnicas de modelagem para analisar padrões de desempenho ao longo do tempo. (SEE, et al., 2018)

Influência de Fatores Externos: O desempenho no Teste do Relógio de Mackworth pode ser influenciado por diversos fatores externos, como iluminação, ruído e temperatura. Neste caso, considera-se desafiador controlar essas variáveis é crucial para garantir a validade dos resultados. No entanto, em muitos ambientes reais de trabalho, essas condições variam e podem afetar significativamente a vigilância dos operadores. Realizar estudos em diferentes condições ambientais e comparar os resultados pode ajudar a entender como esses fatores influenciam a atenção sustentada. Além disso, a implementação de ambientes controlados nos laboratórios pode ajudar a isolar as variáveis de interesse. (GAWRON, 2018)

Adaptação do Teste para Diferentes Contextos: Adaptar o Teste do Relógio de Mackworth para diferentes contextos e populações é um desafio constante., pois

essas adaptações requerem validação rigorosa para garantir que continuam a medir com precisão a vigilância e a atenção sustentada.

Integração com Tecnologias Modernas: A integração do Teste do Relógio de Mackworth com tecnologias modernas, como a neuroimagem e os dispositivos de rastreamento ocular, pode fornecer *insights* mais profundos sobre os processos cognitivos envolvidos na vigilância, inclusive com a implementação de como EEG, fMRI ou rastreamento ocular com os resultados tradicionais do teste. Utilizar técnicas avançadas de análise de dados para correlacionar os padrões neurais e de movimento ocular com o desempenho no teste pode revelar novas informações sobre os mecanismos de atenção e fadiga (MATTHEWS. *et al*, 2019).

2.9 Distinção entre Processamento Consciente e Inconsciente

A distinção entre processamento consciente e inconsciente é fundamental para a psicologia cognitiva, pois ajuda a entender como a mente humana lida com diferentes tipos de informações e tarefas. O processamento inconsciente permite a eficiência e a automação de muitas atividades diárias, enquanto o processamento consciente é essencial para tarefas que exigem atenção deliberada e controle. Juntos, esses processos permitem uma cognição equilibrada e eficaz (DIJKSTERHUIS & NORDGREN, 2018). Ambos os tipos de processamento são necessários para a eficiência cognitiva. O processamento inconsciente lida com tarefas rotineiras e automáticas, liberando recursos conscientes para tarefas mais complexas e novas (DEHAENE *et al.*, 2014).

2.9.1 Processamento Inconsciente

Refere-se às operações mentais que ocorrem sem a consciência ativa do indivíduo. Esses processos incluem percepção, memorização e tomada de decisão, que são executados de forma automática e rápida, sem a necessidade de atenção consciente. (DIJKSTERHUIS & NORDGREN, 2018). Cabe observar:

Processamento Automático e Rápido: ocorre sem esforço consciente, sendo muitas das vezes responsável por funções do dia a dia que não requerem atenção deliberada (DIJKSTERHUIS & NORDGREN, 2018).

Processamento Fora da Consciência: situação em que o indivíduo não está ciente das operações mentais que estão ocorrendo. Esses processos podem influenciar os pensamentos e comportamentos sem que a pessoa perceba. Cita-se como exemplo o processamento subliminar de estímulos visuais ou auditivos (DIJKSTERHUIS & NORDGREN, 2018).

Influência no Comportamento: O processamento inconsciente pode influenciar pensamentos, sentimentos e comportamentos sem que a pessoa esteja ciente dessa influência. Cita-se como exemplo as escolhas que parecem espontâneas podem ser influenciadas por estímulos subliminares. (DIJKSTERHUIS & NORDGREN, 2018)

2.9.2 Processamento Consciente

O processamento consciente refere-se às operações mentais das quais o indivíduo está ativamente ciente e que geralmente exigem atenção e esforço deliberado. **Características:** (DEHAENE & NACCACHE, 2020).

Controlado e Lento: O processamento consciente é mais lento e deliberado, envolvendo atenção ativa e controle voluntário. É essencial para tarefas complexas e novas que requerem concentração. Cita-se como exemplo a resolução de problemas matemáticos; o planejamento de uma viagem (DEHAENE & NACCACHE, 2020).

Consciência Ativa: O indivíduo está ciente das operações mentais que estão ocorrendo. Inclui atividades que exigem concentração, como ler um livro ou conduzir uma conversa. Cita-se como exemplo a tomada de decisão de qual caminho tomar ao dirigir em uma cidade desconhecida (DEHAENE & NACCACHE, 2020).

Capacidade Limitada: O processamento consciente é limitado pela quantidade de informação que a mente pode processar de uma vez. A sobrecarga de informações pode levar a erros ou à incapacidade de realizar múltiplas tarefas eficazmente. Cita-se como exemplo a dificuldade em prestar atenção a duas conversas simultaneamente (DEHAENE & NACCACHE, 2020).

Comparação e Relação entre os Processos, Interação Dinâmica: **Processos Inconscientes Influenciando Conscientes:** Os processos inconscientes frequentemente preparam e influenciam o processamento consciente. Por exemplo, a exposição inconsciente a certas informações pode moldar decisões conscientes posteriormente (CUSTERS & AATS, 2010).

2.10 Tarefas de Aprendizagem Utilizando Sequência Visuomotora

Segundo Green *et al.* (2020), as tarefas de aprendizagem que utilizam sequências visuomotoras são amplamente estudadas em neurociência cognitiva e psicologia experimental para entender como o cérebro aprende, memoriza e executa sequências de movimentos visuais e motores. Essas tarefas envolvem a integração de informações visuais com ações motoras e são essenciais para atividades cotidianas e habilidades motoras complexas. Segundo o autor as características das Tarefas de Aprendizagem Visuomotoras que merecem atenção são as seguintes:

Integração Visuomotora: Estas tarefas requerem a coordenação entre o sistema visual e o sistema motor, onde os estímulos visuais são usados para guiar ações motoras precisas. Exemplo: Seguir um padrão visual com os olhos ou replicar uma sequência de movimentos com a mão (KEELE, et al, 2003).

Aprendizagem Sequencial: Envolve a memorização e execução de sequências específicas de movimentos baseados em padrões visuais. Exemplo: Aprender a digitar em um teclado ou tocar uma música em um instrumento (KEELE, et al, 2003).

Automatização: Com prática, a execução das sequências torna-se mais automática, exigindo menos esforço consciente. Exemplo: Conduzir um carro ou andar de bicicleta (KEELE, et al, 2003).

3 RESULTADOS

A seguir serão demonstrados os principais resultados obtidos pelas pesquisas realizadas.

3.1 Amostragem

Participantes: a pesquisa obteve uma amostragem de 48 indivíduos, (n=48), os quais apresentaram características evidenciadas nos dados disponibilizados a seguir.

Participantes Efetivos: o estudo abrangeu uma amostra efetiva de 44 (quarenta e quatro) indivíduos, tendo em vista que 04 (quatro) participantes da amostra foram excluídos da análise porque entraram nos critérios de exclusão, devidamente descritos no Item 1.3.2 deste trabalho.

Perfil da amostra: segundo resposta dos participantes ao formulário que determinou seu ingresso na pesquisa foi possível determinar o perfil dos participantes, conforme segue:

Faixa etária: conforme demonstrado na **Ilustração 17** a faixa etária dos participantes estava prioritariamente entre 18 e 35 anos (66,7%)

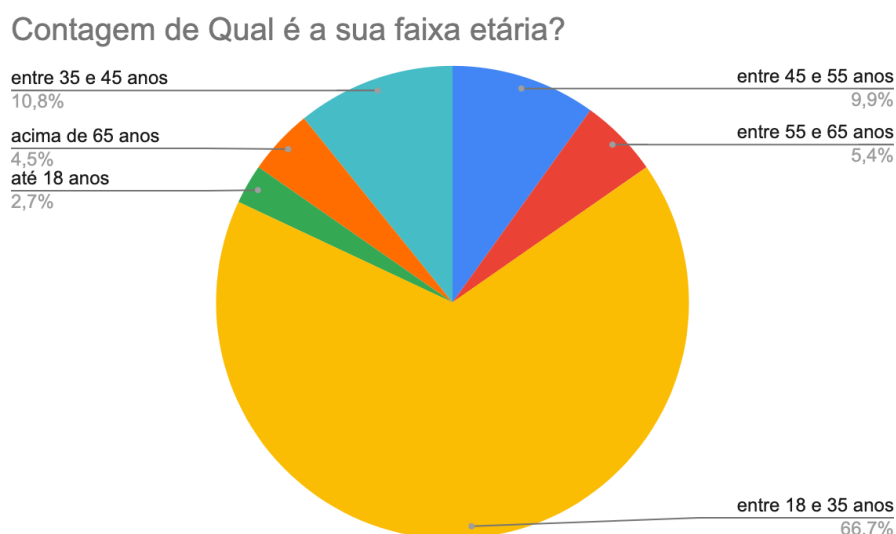


Ilustração 17. Distribuição da faixa etária dos participantes. (fonte: Autor, 2024)

Gênero: conforme demonstrado na **Ilustração 18** houve uma predominância declarada de homens, com 55,9%

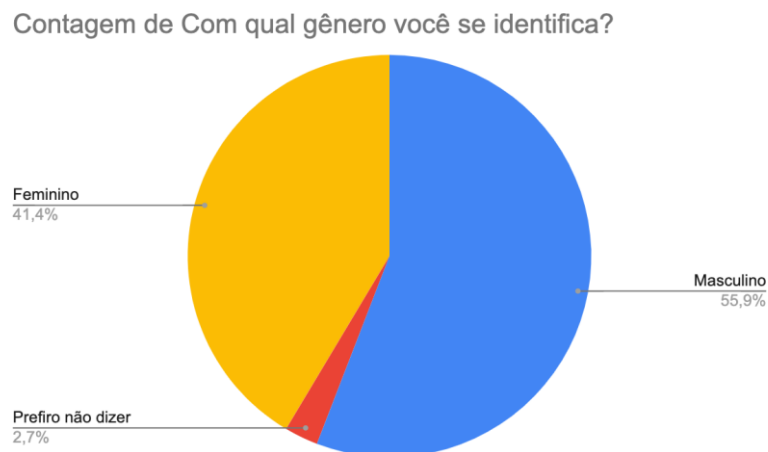


Ilustração 18. Gênero autodeclarado pelos participantes. (fonte: Autor, 2024)

Estado Civil: conforme demonstrado na **Ilustração 19.**, a maior parte da amostra se autodeclarou “Solteiro(a)”, com 65,8%, seguido pelos que se declararam “Casados(as)”, com 29,7%, “Separado(a)”, com 1,8%, sendo que as opções: “prefiro não dizer”, “Viúvo(a)” e “Divorciado(a)” tiveram 0,9% cada.

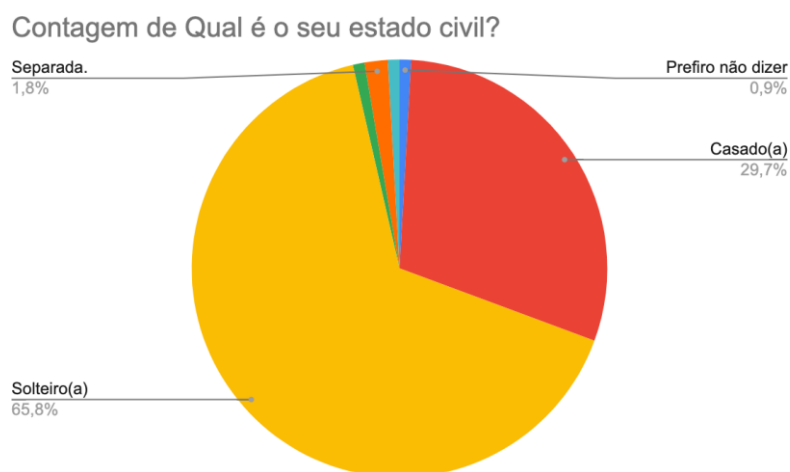


Ilustração 19. Distribuição Estado Civil dos participantes. (fonte: Autor, 2024)

Área de atuação: conforme demonstrado na **Ilustração 20** houve uma predominância de autodeclarados da área de “Humanas/Negócios (Gestão)”, com 64,0%

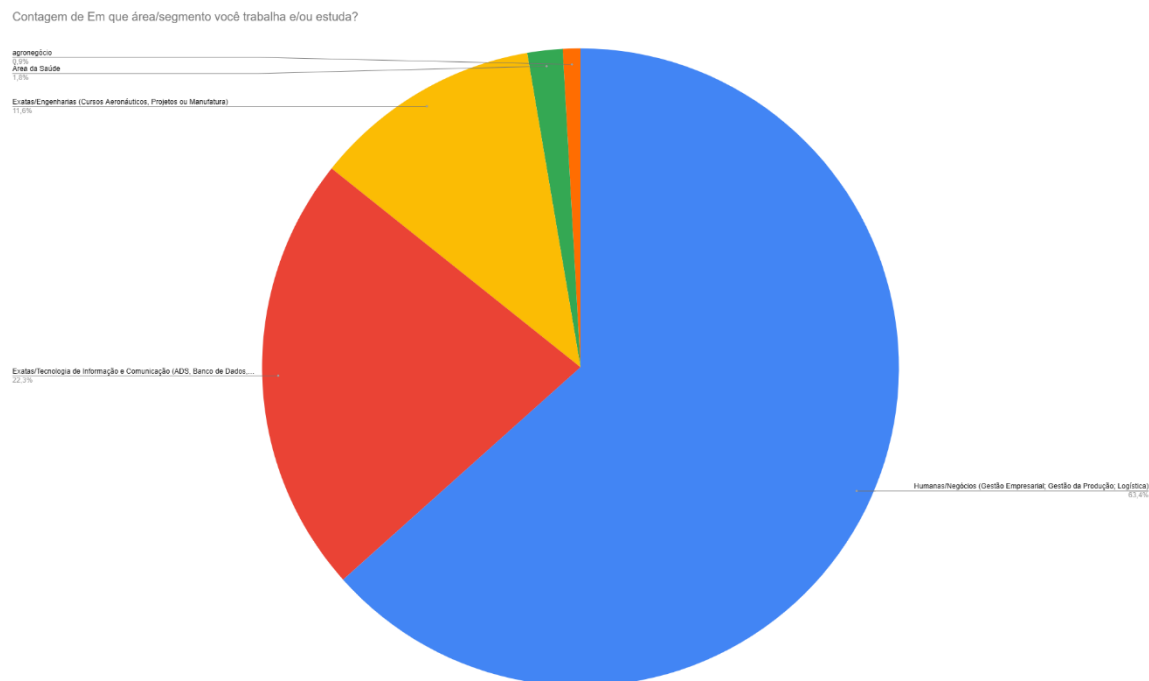


Ilustração 20. Distribuição área atuação dos participantes. (fonte: Autor, 2024)

Perfil digital: conforme demonstrado na **Ilustração 21** houve uma predominância de participantes que se autodeclararam “nativos digitais” (notas 3,4,5 o que corresponde a 30,6%, 39,6% e 27,0%), totalizando 97,2%, sendo que os que se autodeclararam “não digitais” (notas 1 e 2) totalizam aproximadamente 2,8% da amostra.

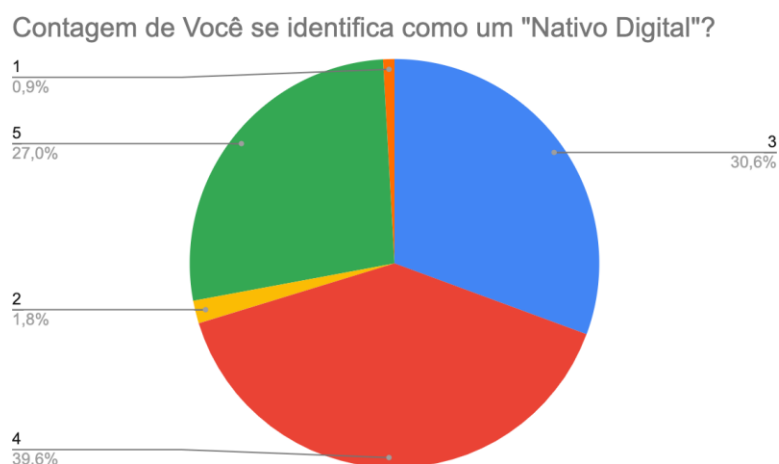


Ilustração 21. Distribuição participantes por Perfil Digital. (fonte: Autor, 2024)

Critérios de Exclusão: conforme demonstrado na **Ilustração 22** houve uma predominância de participantes que concluíram as atividades previstas e aceitaram as condições do Termo de Concordância Livre e Esclarecida, com 99,1%.



Ilustração 22. Distribuição participantes, por nível de inclusão. (fonte: Autor, 2024)

3.2 Desempenho de detecção

Dos 44 (quarenta e quatro) participantes que completaram a tarefa, apenas 3 (três) participantes (7% do total), obtiveram pontuação perfeita, *ou seja*, 0 (zero) detecções incorretas e perdidas. (**Ilustração 23**)

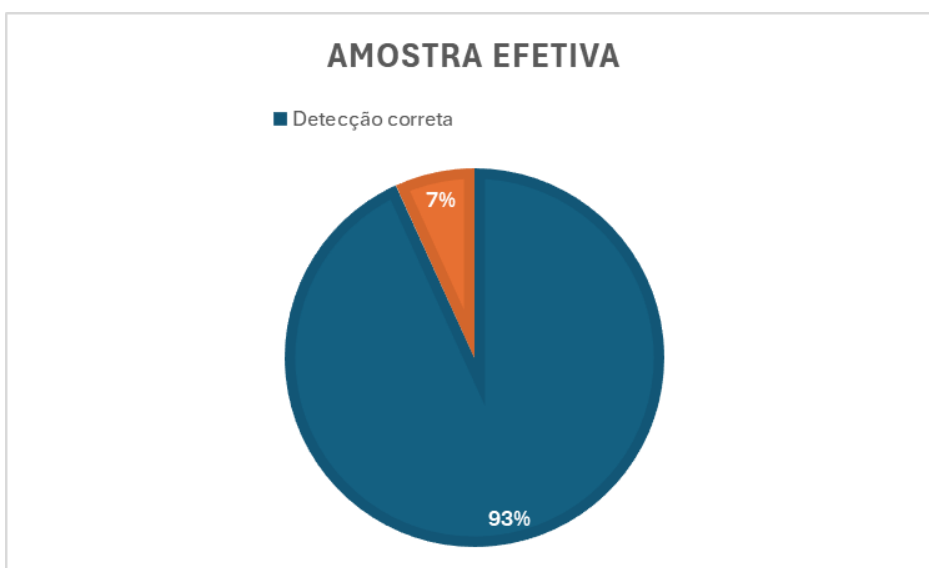


Ilustração 23. Distribuição dos participantes, por desempenho de detecção (fonte: Autor, 2024)

Em média, os participantes detectaram corretamente $78,36 \pm 20,3\%$ dos movimentos anômalos do relógio válidos. (**Ilustração 24**)

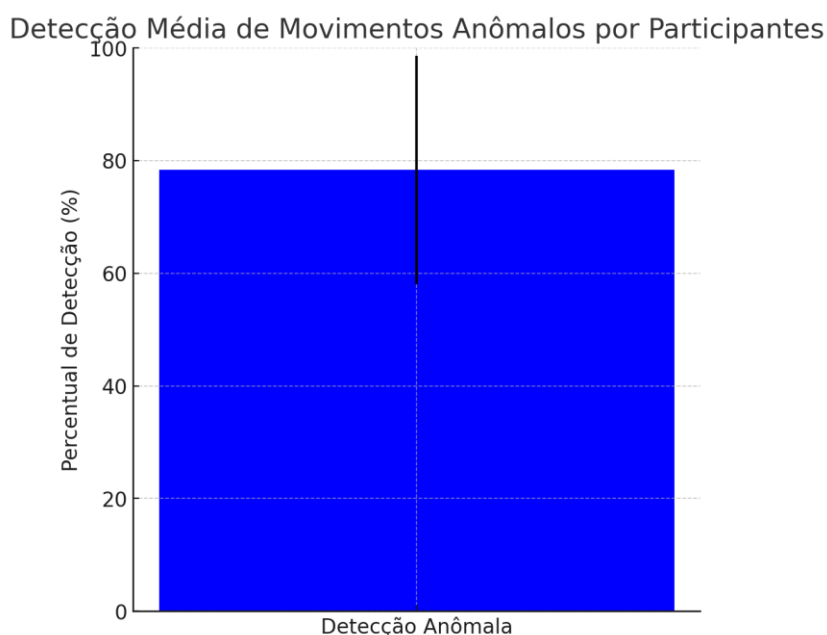


Ilustração 24. Nível de acerto pleno, dos movimentos anômalos (fonte: Autor, 2024)

As detecções corretas, incorretas e perdas foram de $36,86 \pm 9,92\%$; $6,0 \pm 5,65\%$ e $10,2 \pm 9,73\%$, respectivamente. (**Ilustração 25**)

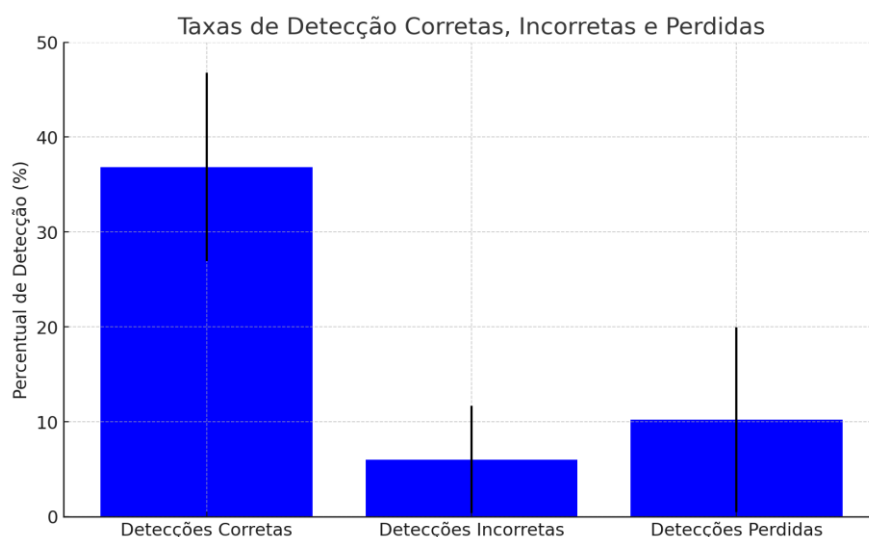


Ilustração 25. Comparativo dos níveis de acerto, entre: Corretas, Incorretas e Perdidas. (fonte: Autor, 2024)

Conforme demonstrado na **Ilustração 26** as detecções corretas foram significativamente ($p < 0,001$) maiores do que as detecções incorretas e perdas e a

detecção perdida foi significativamente ($p < 0,001$) maior do que as detecções incorretas.

Além disso, descobriu-se que as detecções corretas foram significativamente correlacionadas negativamente com as incorretas (Spearman $\rho = -0,68$, $p < 0,001$; **Ilustração 27**) e detecções perdidas (Spearman $\rho = -0,82$, $p < 0,001$; **Ilustração 28**).

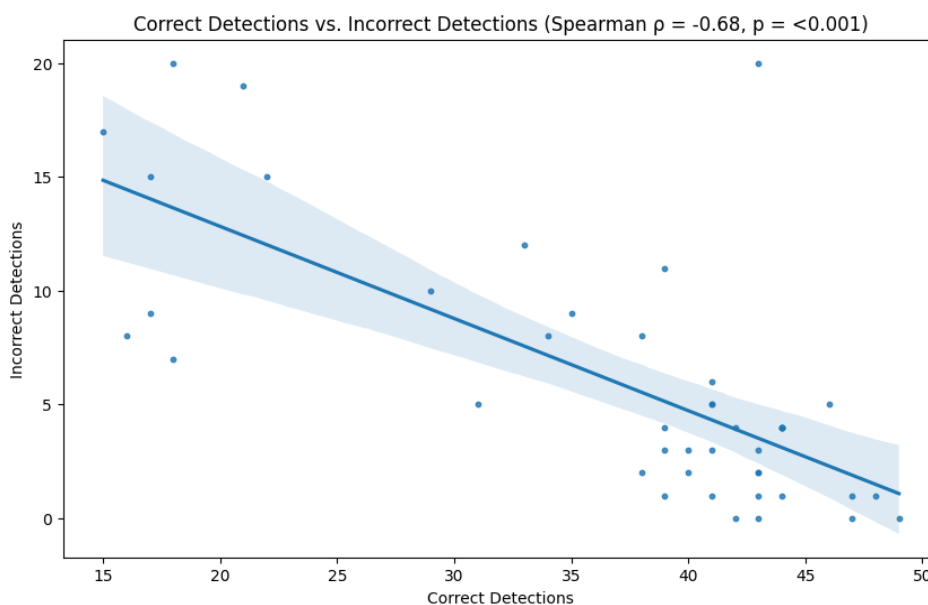


Ilustração 26. Gráfico de dispersão com correlação negativa entre o número de detecções corretas e incorretas entre os participantes. (Fonte: Autor, 2024)

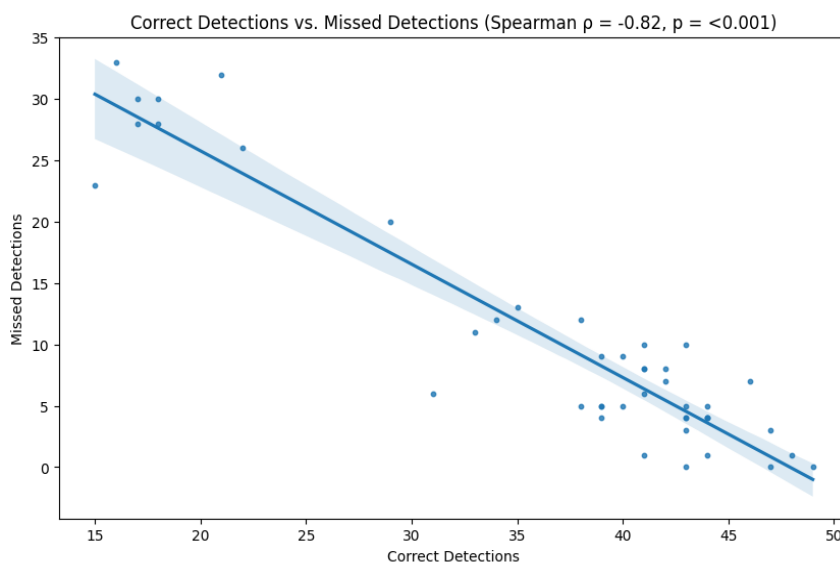


Ilustração 27. Gráfico de dispersão com correlação negativa entre o número de detecções corretas e perdidas entre os participantes. (Fonte: Autor, 2024)

Finalmente, as detecções incorretas foram significativamente correlacionadas às detecções perdidas (Spearman $\rho = 0,72$, $p < 0,001$; **Ilustração 28**).



Ilustração 28. Gráfico de dispersão com correlação positiva entre o número de detecções incorretas e perdidas entre os participantes. (Fonte: Autor, 2024)

3.3 Análise do tempo de reação

O RT médio para a parte aleatória da tarefa do relógio foi de $640,99 \pm 122,62$ ms, enquanto a variabilidade média do RT aleatório foi de $116,8 \pm 58,21$ ms. Além disso, o TR médio para a parte padrão da tarefa foi de $597,22 \pm 141,9$, e sua variabilidade foi de $115,04 \pm 47,02$ ms. (**Ilustração 29**)

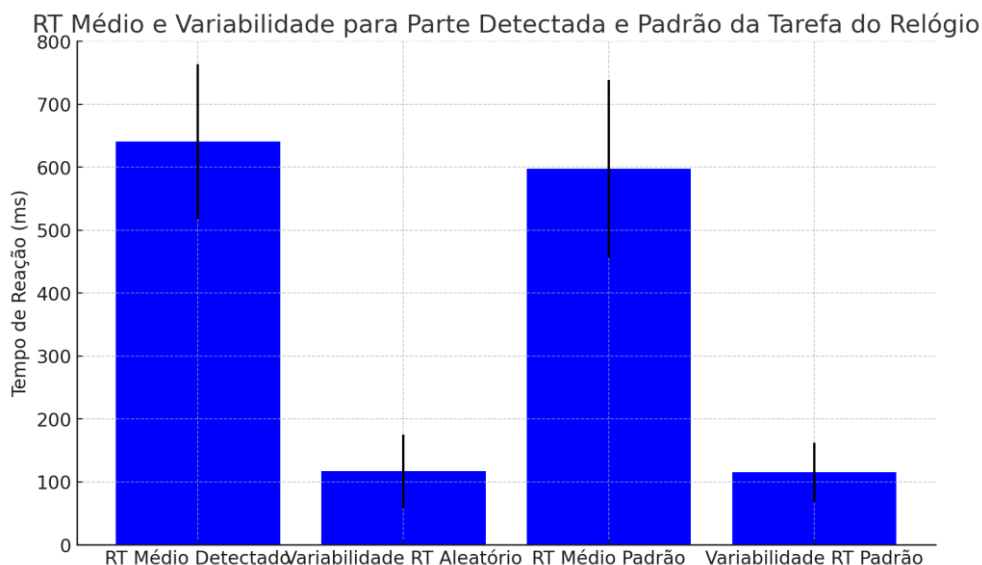


Ilustração 29. Gráfico comparativo do Tempo de Reação, entre parte aleatória e padronizada do teste. (fonte: Autor, 2024)

Os resultados obtidos indicaram que os participantes com menores tempos de reação na parte aleatória da tarefa tiveram melhor desempenho, com maior correção (Spearman $\rho = -0,52$, $p < 0,001$; **Ilustração 30**) e menor incorreto (Spearman $\rho = 0,39$, $p = 0,009$; **Ilustração 31**) e detecções perdidas (Spearman $\rho = 0,36$, $p = 0,017$; **Ilustração 32**).

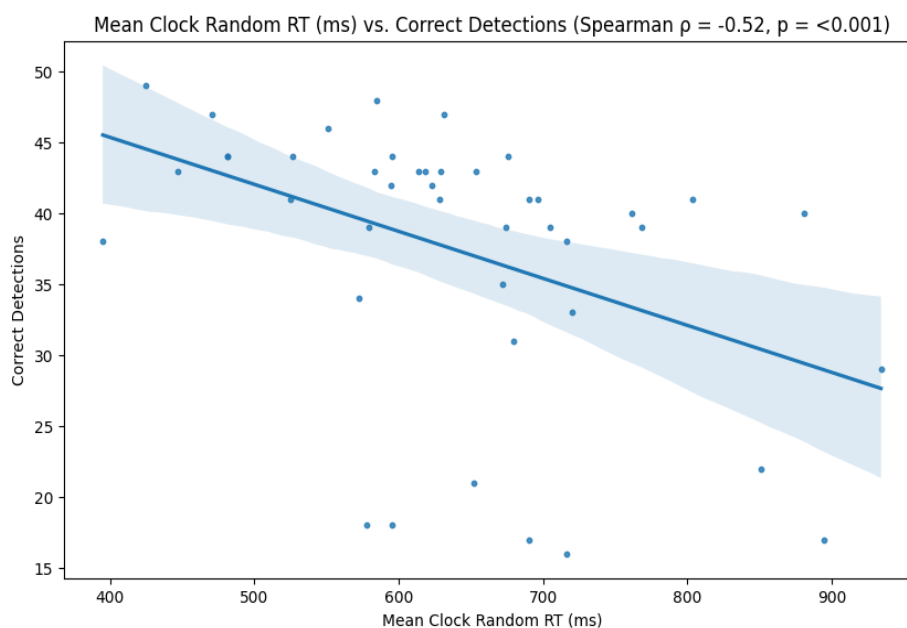


Ilustração 30. Gráfico de dispersão com relação entre os tempos de reação dos participantes durante a fase aleatória da tarefa e o número de detecções corretas. (fonte: Autor, 2024)

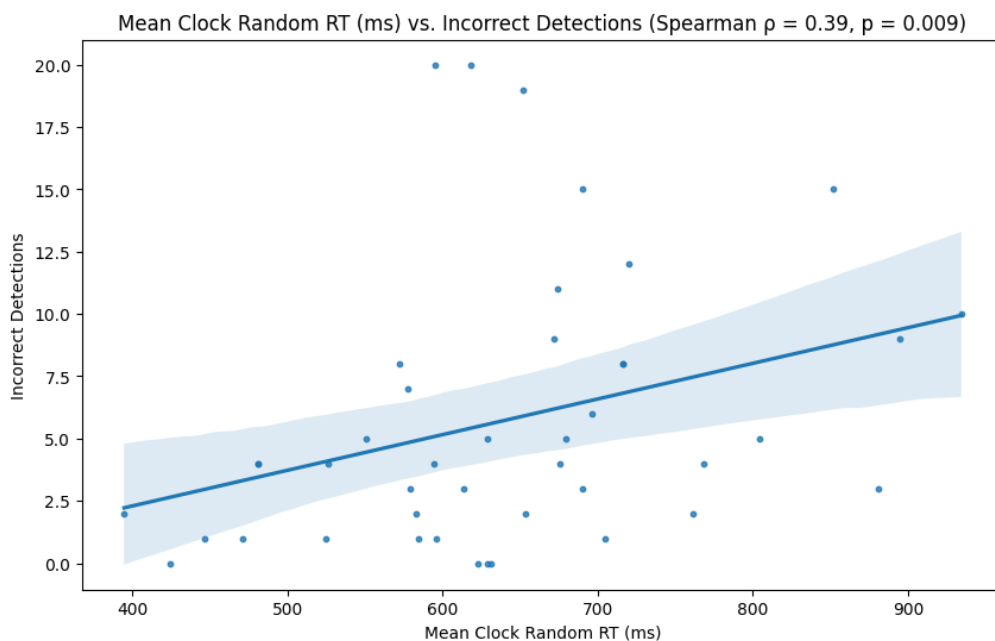


Ilustração 31. Gráfico de dispersão com relação entre os tempos de reação dos participantes durante a fase aleatória da tarefa e o número de detecções incorretas. (fonte: Autor, 2024)

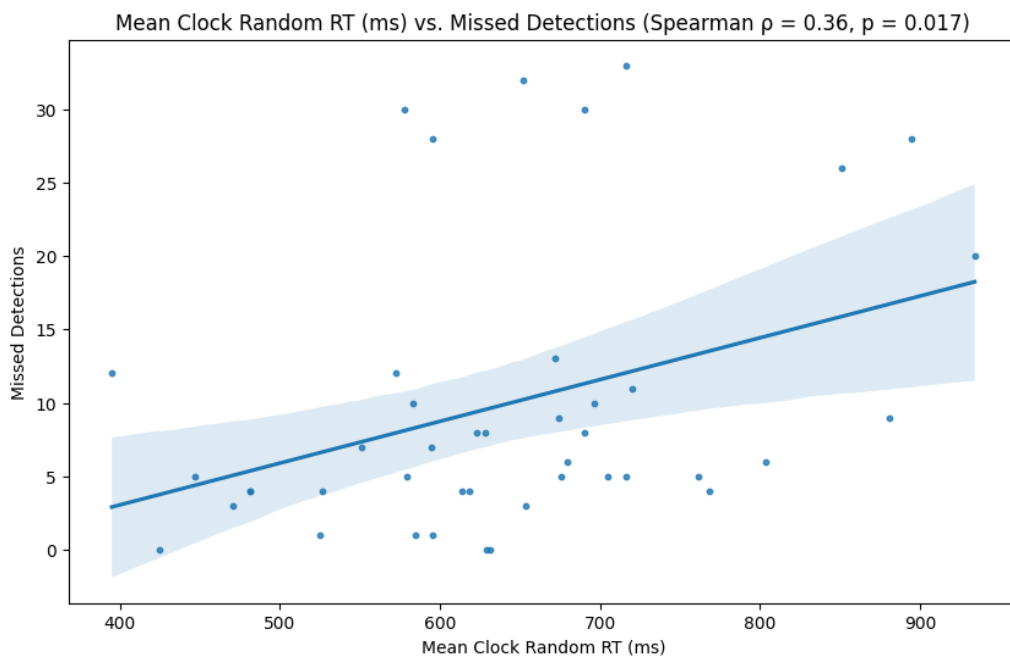


Ilustração 32. Gráfico de dispersão com relação entre os tempos de reação dos participantes durante a fase aleatória da tarefa e o número de detecções perdidas. (fonte: Autor, 2024)

3.4 Reconhecimento de padrões

Dos 44 participantes que completaram a tarefa, 18 (41%) identificaram com precisão o padrão de movimentos anômalos na tarefa do relógio. (**Ilustração 33**)

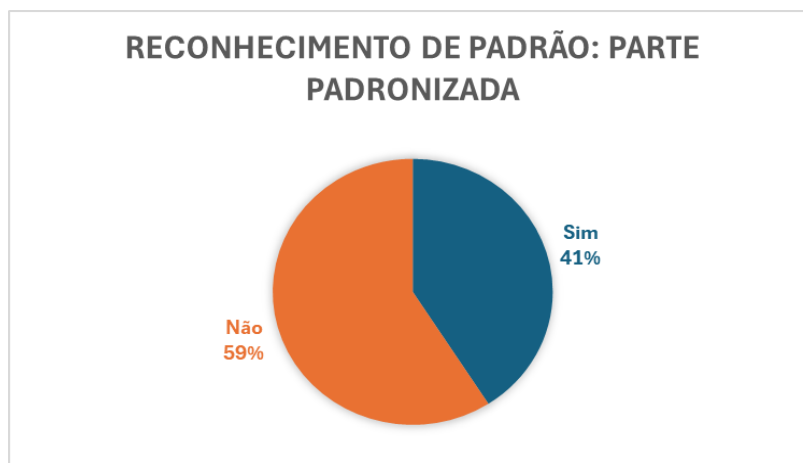


Ilustração 33. Gráfico do percentual de indivíduos que reconheceram corretamente o padrão, na parte padronizada do teste (fonte: Autor, 2024)

Os resultados indicam que a variabilidade do tempo de reação durante a parte padrão da tarefa foi significativamente ($p=0,034$) maior para as pessoas que relataram com precisão o padrão ($128,48 \pm 52,01$) em comparação com aquelas que não o fizeram ($99,94 \pm 32,77$; **Ilustração 34**).

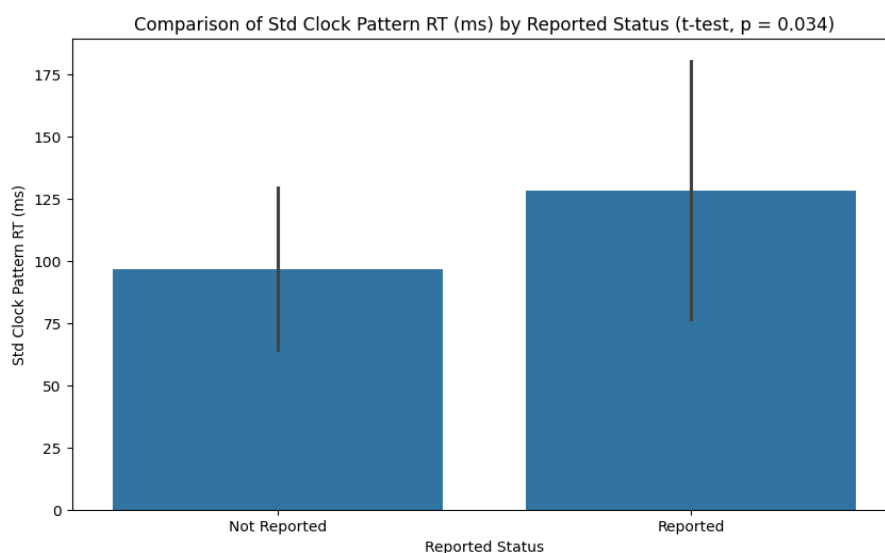


Ilustração 34. Gráfico de barras com variabilidade do tempo de reação durante a fase do padrão entre os participantes que identificaram com precisão o padrão e aqueles que não o fizeram. (fonte: Autor, 2024)

3.5 Detecção consciente e inconsciente

A análise teve como objetivo estimar o tempo entre a detecção do inconsciente e a transição para consciência consciente.

Os resultados indicaram que dos 44 participantes que completaram a tarefa com sucesso, 20 (45%) demonstraram RT estatisticamente baixo durante o padrão da tarefa fase antes de relatar o padrão, sugerindo um “conhecimento” inconsciente do instante de ocorrência de movimentos anômalos do relógio, ou seja, aprendizagem implícita. O limite médio determinado foi de $448,81 \pm 164,2$ ms.

O instante médio da primeira detecção inconsciente para os 20 participantes que apresentaram aprendizagem implícita foi de $222,60 \pm 45,71$ s. Os participantes apresentaram vários tempos de reação abaixo do limite — em média, $5,7 \pm 2,2$ vezes.

Para verificar novamente a confiabilidade estatística do limite escolhido, comparou-se cada RT aleatório do sujeito para seu RT inconsciente. Descobriu-se que os RTs eram significativamente diferentes para 20 de 22 (91%) participantes (valor de p de $0,02 \pm 0,03$ para todos os participantes).

Dos 20 participantes que demonstraram aprendizagem implícita, apenas 10 (50%) relataram com precisão que encontraram o padrão e a duração desde o momento inconsciente para consciente foi de $41,0 \pm 29,36$ s.

A Tabela 1 resume os resultados e mostra a média e o desvio padrão (Dp) dos parâmetros do estudo para todos os participantes, divididos entre os participantes que conseguiram e não conseguiram relatar com precisão o padrão da tarefa.

Tabela 1. Média e Desvio Padrão (Std) dos parâmetros do estudo para todos os participantes (Todos) e divididos entre os participantes que puderam (Relatado) e não puderam (Não Relatado) relatar com precisão o padrão de tarefa. (fonte: o Autor, 2024)

Grupo	Variável	Média (Todos)	Desvio (Todos)	Média (Reportado)	Desvio (Reportado)	Média (Não Reportado)	Desvio (Não Reportado)
Respostas Padrão	Desvio Padrão (ms)	115,04	47,02	128,48	52,01	96,86	32,53
Reportado	Instantâneo Reportado (s)	-	-	273,28	54,68	-	-
Parâmetros Fisiológicos	Limiar (ms)	448,81	164,20	451,84	142,98	445,49	188,29
	Primeira Detecção Inconsciente(s)	222,60	45,71	227,80	41,01	217,40	51,62
	Duração Inconsciente até Consciente (s)	-	-	41,00	29,36	-	-
Respostas Inconscientes	Tempo Médio de Resposta (ms)	447,35	193,00	409,23	144,76	518,16	258,92
	Desvio Padrão (ms)	34,48	52,83	42,99	42,99	18,68	19h40
Comparações	p-valor Aleatório vs.	0,020	0,031 ↓	0,013	0,013	0,039	0,044

4 DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo fornecem informações significativas sobre os mecanismos subjacentes à vigilância e à detecção de anomalias aleatórias e padronizadas. Ao empregar uma nova adaptação do Teste do Relógio de Mackworth, foi possível examinar a capacidade dos participantes de detectar irregularidades e reconhecer padrões estruturados por um período prolongado. Esse *design* permite focar no tempo necessário para que os padrões detectados inconscientemente se tornem conscientemente reconhecidos.

No geral, os resultados demonstram que 41% dos participantes (18 dentre 44) conseguiram detectar com precisão o padrão de anomalias com vários graus de precisão e consistência de resposta.

Além disso, 45% de todos os participantes (20 dentre 44) exibiram aprendizagem implícita, sendo que 50% daqueles que relataram o padrão (10 em 20) demonstram ter identificado corretamente o padrão, enquanto os 50% restantes (10 em 20) exibiram aprendizagem implícita, mas não demonstraram ter encontrado o padrão conscientemente.

Para os 10 participantes que demonstraram aprendizagem implícita e foram capazes de relatar o padrão com precisão, a duração entre a primeira instância em que exibiram aprendizagem implícita até a instância em que relataram o padrão foi em média de 41 s.

4.1 Reconhecimento de padrões

Uma das principais descobertas deste estudo é que 41% dos participantes (18 dentre 44) identificaram com precisão o padrão de anomalias. Isso indica que, embora uma proporção substancial de participantes pudesse detectar e relatar padrões estruturados, muitos tiveram dificuldades em executar essa tarefa.

A variabilidade no desempenho destaca diferenças individuais em vigilância e habilidades de reconhecimento de padrões, consistentes com pesquisas anteriores sobre atenção sustentada (PARASURAMAN *et al*, 1998). Os resultados das análises sugerem que a vigilância, avaliada por meio da precisão da detecção e tempos de reação, desempenha um papel crítico na transição do reconhecimento de padrões

inconsciente para consciente habilidades de reconhecimento, consistentes com pesquisas anteriores sobre atenção sustentada (PARASURAMAN *et al*, 1998).

A maior variabilidade do tempo de reação entre os participantes que identificaram com precisão o padrão pode refletir a carga cognitiva de manter a vigilância durante o processamento de informações temporais complexas. Além disso, é possível que, uma vez que um sujeito percebeu ativamente o padrão, ele não se esforçou para acionar o mouse o mais rápido possível, antevendo quando a anomalia ocorreria.

Em contraste, não foram encontradas diferenças significativas em outros parâmetros medidos ao comparar participantes que detectaram o padrão com precisão com aqueles que não o fizeram ($p > 0,10$). Essa ausência de diferenças substanciais sugere que a capacidade de detectar e relatar o padrão pode não depender somente de métricas de desempenho relacionadas à atenção, mas pode envolver outros fatores cognitivos, como memória e habilidades de reconhecimento de padrões.

4.2 Escolha do Limiar

Os resultados indicaram que a escolha de um limiar de 5% para identificar a detecção inconsciente foi estatisticamente sólida, conforme demonstrado pelas diferenças significativas observadas entre tempos de reação aleatórios e inconscientes. No entanto, deve-se reconhecer que determinar um limiar apropriado continua sendo um dos aspectos mais desafiadores da metodologia aplicada. Embora a abordagem tenha sido individualizada, usando os tempos de reação de cada participante durante a fase aleatória para definir o limiar, o uso de um limite fixo de 5% pode ainda ter limitações na captura completa das nuances do processamento inconsciente em todos os participantes. Estudos futuros devem considerar se outros métodos, como limiares dinâmicos ou dependentes do contexto, os quais podem vir a fornecer uma medida mais precisa da detecção inconsciente. Além disso, pesquisas futuras podem examinar as implicações de diferentes níveis de limiar na detecção de processos cognitivos inconscientes para refinar e aumentar a robustez dessa abordagem.

4.3 Aprendizagem implícita: detecção consciente e inconsciente

Um aspecto crucial do nosso estudo foi a investigação da detecção inconsciente e sua transição para a consciência consciente. Descobriu-se que 45% dos participantes (20 dentre 44) exibiram aprendizagem implícita e que destes 50% (10 dentre 20) foram capazes de relatar o padrão com precisão. Além disso, nossos resultados sugerem que, para aqueles que conseguiram relatar o padrão com precisão, levou em média 41 ± 29 s do momento em que exibiram a aprendizagem implícita pela primeira vez até o momento em que relataram o padrão. Essa descoberta está alinhada com pesquisas anteriores que sugerem que o processamento inconsciente pode preceder a consciência (DEHAENE *et al*, 2006). Além disso, estudos recentes (JURCHIS & DIENES, 2023; GUILLEMIN & TILLMANN, 2021) sobre aprendizagem implícita demonstraram que o cérebro pode processar e responder a padrões em consciência, apoiando ainda mais nossas observações.

Tais descobertas indicam que o conhecimento inconsciente pode influenciar o comportamento antes da transição para a consciência. Isso é consistente com o trabalho de Norman *et al*. (2019), que descobriram que os participantes podiam utilizar o conhecimento estrutural de uma gramática artificial sem estarem conscientemente cientes disso. Da mesma forma, Dienes e Scott (2005) demonstraram que os indivíduos podem aplicar regularidades complexas inconscientemente, sugerindo que o conhecimento estrutural inconsciente pode ser estratégico e impactante.

No entanto, o fato de que nenhuma evidência clara de aprendizagem implícita foi encontrada para 55% dos participantes (24 dentre 44) indica que esse fenômeno pode ser mais matizado e individualizado. Fatores como familiaridade com os estímulos (SCOTT & DIENES, 2010) e a relevância ecológica da tarefa (EITAM *et al*, 2014; ZIORI & DIENES, 2015) podem influenciar a eficácia e a detectabilidade da aprendizagem inconsciente. Pesquisas anteriores destacaram a complexidade e a variabilidade dos mecanismos de aprendizagem implícita, sugerindo que as diferenças individuais desempenham um papel significativo em como a detecção inconsciente transita para a consciência (MARESCH, MUDRIK & DONCHIN, 2021; SHANKS & ST JOHN, 1994; PERRUCHET & PACTEAU, 1990).

Mais pesquisas são necessárias para elucidar as condições sob as quais a detecção inconsciente transita de forma confiável para a consciência e para explorar os mecanismos cognitivos e neurais subjacentes a esses processos. Avanços em técnicas de neuroimagem, como fMRI e EEG, podem fornecer insights mais profundos sobre as regiões e redes cerebrais envolvidas nessas transições (FRANCKEN et al, 2022; JURCHIS et al, 2020). Além disso, estudos futuros devem considerar o papel da complexidade da tarefa e dos fatores ambientais na modulação da detecção inconsciente, pois esses elementos são essenciais para entender como a aprendizagem implícita opera em cenários do mundo real (RAAB & JOHNSON, 2008).

4.4 Desempenho de detecção e vigilância

Embora não seja o foco principal, a adaptação do Teste do Relógio de Mackworth ora apresentada permitiu avaliar a vigilância dos participantes, produzindo resultados singulares. A correlação entre tempos de reação durante a fase aleatória e desempenho de detecção indica que a vigilância impacta significativamente a capacidade dos participantes de detectar anomalias. Participantes com tempos de reação mais rápidos foram mais precisos na detecção de anomalias, sugerindo que a atenção sustentada é crucial para o desempenho ideal nesta tarefa. Esta descoberta ressalta a importância da vigilância no contexto do nosso estudo. Ela se alinha com nosso objetivo de entender os processos cognitivos que dão suporte à transição da detecção inconsciente para a consciente. Nossos resultados demonstram quão complexas são as tarefas de atenção, como o Teste do Relógio de Mackworth, pois apenas 7% dos participantes (3 dentre 44) tiveram uma pontuação perfeita. No entanto, em média, os participantes detectaram corretamente $78,36 \pm 20,3\%$ das anomalias, o que demonstra um alcance eficiente do teste. Além disso, evidenciou-se que a variabilidade na atenção pode ser vista em todas as três medições, pois todas elas se correlacionam.

A análise do tempo de reação da parte aleatória da tarefa revelou variação significativa entre os participantes (RT médio = $640,99 \pm 122,62$ ms). Essa variabilidade sugere diferenças na velocidade de processamento e consistência de resposta. Surpreendentemente, essa variabilidade no RT se correlacionou com a variabilidade na capacidade dos participantes de executar a tarefa com precisão.

Participantes com tempos de reação mais baixos exibiram maiores detecções corretas e menores em detecções corretas e perdidas, sugerindo que velocidades de processamento mais rápidas podem melhorar o desempenho da vigilância.

4.5 Implicações e direções futuras

As descobertas deste estudo têm várias implicações práticas. Entender os mecanismos de vigilância e reconhecimento de padrões pode informar o design de tarefas e programas de treinamento para melhorar o desempenho em profissões de alto risco que exigem atenção sustentada. Por exemplo, intervenções de treinamento personalizadas que melhoram a capacidade dos indivíduos de detectar padrões e manter a vigilância por longos períodos podem beneficiar o controle de tráfego aéreo, vigilância e inspeção de qualidade. Esses campos geralmente dependem da detecção rápida e precisa de anomalias sutis, o que tornaria os resultados obtidos particularmente importantes.

Pesquisas futuras podem explorar os mecanismos cognitivos e neurais subjacentes às diferenças individuais de vigilância e reconhecimento de padrões. Técnicas de neuroimagem, como ressonância magnética funcional (fMRI) e eletroencefalografia (EEG), podem fornecer informações mais profundas sobre as regiões e redes cerebrais envolvidas nesses processos (FRANCKEN et al, 2022). Identificar os correlatos neurais da detecção inconsciente e consciente pode revelar os mecanismos de transição entre esses estados, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do processamento cognitivo.

Além disso, estudos longitudinais examinando como o treinamento e a prática influenciam a vigilância e o reconhecimento de padrões ao longo do tempo seriam valiosos. Esses estudos podem ajudar a determinar os efeitos de longo prazo de diferentes regimes de treinamento na capacidade de detectar padrões e manter a vigilância. Outra direção potencial para pesquisas futuras é investigar o papel da complexidade da tarefa e dos fatores ambientais no desempenho da vigilância.

Ao variar a dificuldade e o contexto das tarefas de vigilância, os pesquisadores podem entender melhor como esses fatores influenciam a precisão da detecção e os tempos de resposta. Esse conhecimento pode ser aplicado para otimizar o design da tarefa e

criar programas de treinamento mais eficazes, aprimorando o desempenho em cenários do mundo real.

4.6 Limitações

Embora este estudo forneça resultados inéditos, é essencial reconhecer suas limitações. O tamanho da amostra, embora adequado, pode não capturar totalmente a variabilidade no desempenho da vigilância em diferentes populações. Além disso, usar um único tipo de tarefa de vigilância limita a generalização das descobertas para outros tipos de tarefas de vigilância.

Estudos futuros devem incluir amostras maiores e mais diversas e uma variedade de designs de tarefas para aumentar a robustez das descobertas. Além disso, os parâmetros específicos de nossa tarefa podem não abranger totalmente todos os aspectos das tarefas de vigilância do mundo real. Pesquisas futuras devem ter como objetivo replicar nossas descobertas em diferentes paradigmas e cenários de tarefas para validar a generalização de nossos resultados.

5 CONCLUSÕES

A atividade sequencial visuomotora, conseguiu atender seu objetivo geral, na medida em que os resultados obtidos demonstraram que muitos participantes puderam detectar padrões com precisão, sendo que os sinais de detecção inconsciente antes da consciência demoraram aproximadamente 41 segundos.

Os dados primários obtidos são inovadores e representam um avanço na compreensão dos níveis de consciência humana, além de ter contribuído para se ter um maior entendimento das possibilidades de uso de adaptações do Teste do Relógio de Mackworth, em circunstâncias do cotidiano (ambiente e condições “não controladas”), como instrumento para se avaliar não somente questões inerentes à vigilância, mas também outras relacionadas a variabilidade na capacidade declarada pelos indivíduos em tarefas mais complexas, como aquelas destinadas a detectar e relatar padrões estruturados, ressaltando peculiaridades que envolvem os processos de detecção inconsciente e consciente.

Contudo não foi possível avaliar e quantificar eventuais ganhos de *performance*, em atividades de vigilância, utilizando-se o exercício sequencial visuomotor, com base nos dados e observações realizadas na presente adaptação do Teste do Relógio de Mackworth. Neste caso, espera-se que pesquisas futuras continuem a explorar os mecanismos cognitivos e neurais subjacentes à vigilância e ao reconhecimento de padrões e os fatores que influenciam essas habilidades críticas, de modo a avançar a partir dos resultados ora obtidos, de modo a poder responder às questões relativas aos ganhos de *performance* além de muitas outras.

Além disso, estudos adicionais podem investigar métodos alternativos para se determinar os limiares de detecção inconsciente, levando sempre em consideração a complexidade que envolve a tarefa, além dos fatores ambientais, e características coletivas e individuais, incluindo-se a adição de situações de estresse monitorado, seja no desempenho em atividades de vigilância, dentre tantas outras que são importantes para o desenvolvimento do ser humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARESE LUCINI, *et al.* How the brain transitions from conscious to subliminal perception. *arXiv arXiv:1903.09630*, 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1903.09630>.

ARORA, S. *et al.* The impact of stress on surgical performance: A systematic review of the literature. *Surgery*, v. 154, n. 6, p. 1420-1433, 2017.

BASTOS FILHO, T. F. *et al.* Interface Cérebro-computador Inovadora para Neuroreabilitação. In: XV Simpósio de Engenharia Biomédica. 2023. [UNICAMP]

BODENHEIMER, J.; BODGAN, P.; PEQUITO, S.; ASHOURVAN, A. Shifts in brain dynamics and drivers of consciousness state transitions. *Neurons and Cognition (q-bio.NC)*. 09.07.2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.06928>

BRUCE, P.; BRUCE, A.; GEDECK, P. *Practical Statistics for Data Scientists: 50+ Essential Concepts Using R and Python*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2020. ISBN: 978-1492072942.

BUZSÁKI, György; WATSON, Brendon O. Brain rhythms and neural syntax: implications for efficient coding of cognitive content and neuropsychiatric disease. *Dialogues in clinical neuroscience*, v. 14, n. 4, p. 345-367, 2012.

CARDOSO, M. M. R.; LIMA, J. V. F. S.; OLIVEIRA, M. H. V. de; PAIVA, R. O. A. O Uso de Learning Analytics em Ambientes de Aprendizagem Online: um Mapeamento Sistemático da Literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação, [S. l.]*, v. 30, p. 396–418, 2022. DOI: 10.5753/rbie.2022.2664. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/2664>. Acesso em: 4 dez. 2024.

CARDOSO-MARTINS, C.; PENNINGTON, B. F. What is the Contribution of Rapid Serial Naming to Reading and Spelling Ability?: Evidence from Children and Adolescents with and without Reading Difficulties. *Psicol. Reflex. Crit.* 14 (2), 2001. <https://doi.org/10.1590/S0102-79722001000200013>

CHA, H. J.; BOROWSKY, R. M. Comparing Pearson and Spearman Correlations: Approaches for Analyzing Data with Different Distributions and Types. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, v. 89, n. 7, p. 1536-1551, 2019. doi:10.1080/00949655.2019.1592174.

CHUN, M. M.; GOLOMB, J. D.; TURK-BROWNE, N. B. A taxonomy of external and internal attention. *Annual Review of Psychology*, v. 62, p. 73-101, 2011. doi:10.1146/annurev.psych.093008.100427.

CUSTERS, R.; AARTS, H. The unconscious will: How the pursuit of goals operates outside of conscious awareness. *Science*, v. 329, n. 5987, p. 47-50, 2010. doi:10.1126/science.1188595.

DEHAENE, S.; CHANGEUX, J. P. Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron*, v. 70, n. 2, p. 200-227, 2011. doi:10.1016/j.neuron.2011.03.018.

DEHAENE, S.; CHANGEUX, J. P.; NACCACHE, L.; SACKUR, J.; SERGENT, C. Conscious, preconscious and subliminal processing: a testable taxonomy. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 10, n. 5, p. 204–211, maio 2006.

DEHAENE, S.; CHARLES, L.; KING, J. R.; MARTI, S. Toward a computational theory of conscious processing. *Current Opinion in Neurobiology*, v. 25, p. 76-84, 2014. doi:10.1016/j.conb.2013.12.005.

DEHAENE, S.; LAU, H.; KOUIDER, S. What is consciousness, and could machines have it? *Science*, v. 358, n. 6362, p. 486-492, 2017.

DEHAENE, S.; NACCACHE, L. Complementary roles of conscious and unconscious processing in cognitive function. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 21, n. 7, p. 410-424, 2020. doi:10.1038/s41583-020-0308-7.

DEHAENE, S.; NACCACHE, L. The Emergence of Consciousness: From the Unconscious to the Conscious Brain. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, v. 126, p. 66-75, 2021. doi:10.1016/j.neubiorev.2021.02.005.

DIENES, Z.; SCOTT, R. Measuring unconscious knowledge: distinguishing structural knowledge and judgment knowledge. *Psychological Research*, v. 69, n. 5-6, p. 338-351, 2005.

DIJKSTERHUIS, A.; NORDGREN, L. F. Interaction between conscious and unconscious processes: Implications for decision making. *Current Directions in Psychological Science*, v. 27, n. 1, p. 30-35, 2018. doi:10.1177/0963721417720956.

EITAM, B.; GLASS-HACKEL, R.; AVIEZER, H.; DIENES, Z.; SHOVAL, R.; HIGGINS, E. T. Os rostos irrelevantes da tarefa são processados involuntariamente? Aprendizagem implícita como um caso de teste. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 40, n. 5, p. 1741–1747, 2014.

ERICSSON, K. A.; POOL, R. *Peak: Secrets from the New Science of Expertise*. New York: Mariner Books, 2016.

FERREIRA, M. J.; COSTA, L. P.; ALMEIDA, R. S. Monitoramento de operadores de maquinário pesado em indústrias de mineração: uma abordagem de detecção de padrões temporais. *Safety Science*, v. 142, p. 105365, 2022.

FRANCKEN, J. C.; BEERENDONK, L.; MOLENAAR, D.; FAHRENFORT, J. J.; KIVERSTEIN, J. D.; SETH, A. K.; et al. Uma pesquisa acadêmica sobre fundamentos teóricos, suposições comuns e o estado atual da ciência da consciência. *Neuroscience of Consciousness*, v. 2022, n. 1, p. niac011, 12 ago. 2022.

FRISTON, K. J. Functional and effective connectivity: a review. *Brain Connectivity*, v. 1, n. 1, p. 13-36, 2011.

GAILLARD, R.; et al. Subliminal words durably affect neuronal decision processes. *PLoS Biology*, v. 4, n. 5, p. e119, 2006. doi:10.1371/journal.pbio.0040119.

GARCÍA-LARREA, L.; BASTUJI, H.; MAUGUIÈRE, F. Detecting lapses in vigilance: EEG markers and clinical implications. *Neuroscience Letters*, v. 709, p. 134349, 2020.

GAWRON, V. J. The impact of environmental factors on vigilance task performance: A systematic review. *Human Factors*, v. 60, n. 5, p. 682-701, 2018. doi:10.1177/0018720818776715.

GIBBONS, R. Using the Kolmogorov-Smirnov Test for Comparing Two Empirical Distributions. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, v. 87, n. 12, p. 2499-2510, 2017. doi:10.1080/00949655.2017.1348090.

GREEN, D. J.; JEONG, J. C. et al. Neural mechanisms of motor sequence learning in the human brain. *Journal of Neuroscience*, v. 40, n. 24, p. 4701-4713, 2020. doi:10.1523/JNEUROSCI.0024-20.2020.

GUILLEMIN, C.; TILLMANN, B. Implicit learning of two artificial grammars. *Cogn Process* 2021, 22, 141–150. [CrossRef] [PubMed]

HANCOCK, P. A.; HART, S. G. Stress, workload, and fatigue. In: SALVENDY, G. (Ed.). *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2002. p. 557-577.

HELTON, W. S.; WARM, J. S. Signal salience and the mindlessness theory of vigilance. *Acta Psychologica*, v. 129, n. 1, p. 18-25, 2008. doi:10.1016/j.actpsy.2008.04.002.

IBER, C. et al. *The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications*. American Academy of Sleep Medicine, 2020.

JAIN, A.; et al. Designing interactions beyond conscious control: a new model for wearable interfaces. *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.* 4, 3, Artigo 108 (setembro de 2020), 23 páginas. <https://doi.org/10.1145/3411829>

JURCHIȘ, R.; COSTEA, A.; DIENES, Z.; MICLEA, M.; OPRE, A. Evaluative conditioning of artificial grammars: evidence that subjectively unconscious structures influence affective evaluations of new stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General*, v. 149, n. 9, p. 1800–1809,

JURCHIȘ, R.; DIENES, Z. Aprendizagem implícita de regularidades seguida de movimentos corporais realistas em realidade virtual. *Psychonomic Bulletin & Review*, v. 30, n. 1, p. 269–279, fev. 2023.

KALRA, P.B; GABRIELI, J. D. E.; FINN, A. S. *Evidence of stable individual differences in implicit learning*, *Cognition*, Volume 190, 2019, Pages 199-211, ISSN 0010-0277, <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2019.05.007>.

KEELE, S. W.; IVRY, R.; MAYR, U.; HAZELTINE, E.; HEUER, H. The cognitive and neural architecture of sequence representation. *Psychological Review*, v. 110, n. 2, p. 316-339, 2003. doi:10.1037/0033-295X.110.2.316.

KOCH, C. et al. Neural correlates of consciousness: Progress and problems. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 17, n. 5, p. 307-321, 2016.

LAU, H.; ROSENTHAL, D. Empirical support for higher-order theories of conscious awareness. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 15, n. 8, p. 365-373, 2011. doi:10.1016/j.tics.2011.05.009.

LAUREYS, S.; BOLY, M.; TONONI, G. *The neurology of consciousness: Cognitive neuroscience and neuropathology*. London: Academic Press, 2009. ISBN 978-0123741684.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. Deep learning. *Nature*, v. 521, n. 7553, p. 436-444, 2015.

LIMA, J. R.; CASTRO, A. L.; BORGES, F. S. Environmental factors and their impact on vigilance task performance. *Human Factors*, v. 60, n. 5, p. 679-690, 2018.

LITVAK, V. et al. EEG and MEG data analysis in SPM8. *Computational Intelligence and Neuroscience*, v. 2011, p. 852961, 2011.

LOH, S. et al. Assessing the impact of mental fatigue on vigilance performance. *Journal of Sleep Research*, v. 29, n. 1, p. e12943, 2020.

MACKWORTH, N. H. The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 1, n. 1, p. 6-21, 1948. doi:10.1080/17470214808416738. Disponível em <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1080/17470214808416738>

MARESCH, J., MUDRIK, L., & DONCHIN, O. (2021). Measures of explicit and implicit in motor learning: what we know and what we don't. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 128, 558-568. doi: 10.1016/j.neubiorev.2021.06.037.

MATHWORKS. MATLAB 2022a Performance Improvements. 2022. Disponível em: <https://www.mathworks.com>. Acesso em: 15 jul. 2024.

MATTHES, E. *Python Crash Course: A Hands-On, Project-Based Introduction to Programming*. São Francisco: No Starch Press, 2019. ISBN: 978-1593279288.

MATTHEWS, G.; WARM, J. S.; REINERMAN-JONES, L. E.; et al. The role of cognitive neuroscience in understanding vigilance performance. *Human Factors*, v. 61, n. 1, p. 45-55, 2019. doi:10.1177/0018720818799765.

McCULLAGH, P., et al. Monte Carlo methods in genetic analysis. *Statistical Science*, New York, v. 21, n. 4, p. 445-464, 2006. DOI: 10.1214/088342306000000350.

MORAIS, G.L.d.; PINHO, T.O.R.; CRESPI, L.; PINTO NETO, O. *Quantifying the Transition from Unconscious to Conscious Detection of Temporal Patterns in Vigilance Tasks: A Unique*

Adaptation of Mackworth's Clock Test. Neurol. Int. 2024, 16, 945–957. <https://doi.org/10.3390/neurolint16050071>

NORMAN, E.; SCOTT, R. B.; PREÇO, M. C.; JONES, E.; DIENES, Z. O conhecimento estrutural inconsciente pode ser estrategicamente controlado? In: *Aprendizagem implícita: 50 anos depois*. Nova York, NY: Routledge/Taylor & Francis Group, 2019. p. 159–173.

OLIVEIRA, F. T. P.; McCOURT, M. E.; DOSHER, B. A. Attention and perceptual learning: Interactions and dissociations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v. 43, n. 4, p. 767-781, 2017. doi:10.1037/xhp0000355.

OLIVEIRA, L. M.; ENGEL, A. Social interactions and consciousness: The role of intersubjectivity in the awareness of self and others. *Consciousness and Cognition*, v. 63, p. 128-139, 2018. doi:10.1016/j.concog.2018.06.008.

PALLER, K. A.; SUZUKI, S. The role of neural oscillations in conscious perception and memory. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 18, n. 9, p. 575-584, 2017.

PALVA, S. et al. Neuronal synchrony reveals working memory networks and predicts individual memory capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 16, p. 7580-7585, 2010.

PARASURAMAN, R.; SHERIDAN, T. B.; WICKENS, C. D. A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, v. 30, n. 3, p. 286-297, 2000. doi:10.1109/3468.844354.

PARASURAMAN, R.; WARM, J. S.; SEE, J. E. Sistemas cerebrais de vigilância. In: *O cérebro atento*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1998. p. 221–256.

PEREIRA, R. S.; MENDES, D. M.; OLIVEIRA, A. L. User interface design for sustained attention in digital environments. *Ergonomics*, v. 62, n. 12, p. 1624-1635, 2019. doi:10.1080/00140139.2019.1679873.

PERRUCHET, P.; PACTEAU, C. Aprendizagem de gramática sintética: abstração implícita de regras ou conhecimento fragmentário explícito? *Journal of Experimental Psychology: General*, v. 119, n. 3, p. 264–275, 1990.

PERSUH, M.; LAROCK, E.; BERGER, J. Working memory and conscious perception: an integrative framework. *Frontiers in Systems Neuroscience*, v. 12, p. 52, 2018.

POSNER, M. I. *Attention in a Social World*. Oxford: Oxford University Press, 2012. ISBN 978-0199790848.

RAAB, M.; JOHNSON, J.G. *Implicit learning as a means to intuitive decision making in sports. In Intuition in Judgment and Decision Making*; Plessner, H., Betsch, C., Betsch, T., Eds.; Lawrence Erlbaum Associates Publishers: Mahwah, NJ, USA, 2008; pp. 119–133.

ROCHA, A. F.; MASSAD, E.; MENEZES, R. Emotions and the emergence of consciousness: A neural model. *Journal of Integrative Neuroscience*, v. 16, n. 2, p. 141-160, 2017. doi:10.3233/JIN-170049.

ROSENTHAL, E. S. et al. Continuous EEG Monitoring in the Intensive Care Unit. *Journal of Clinical Neurophysiology*, v. 36, n. 5, p. 375-383, 2019.

SALET, JM, KRUIJNE, W. & VAN RIJN, H. *Aprendizagem implícita de comportamento temporal em ambientes dinâmicos complexos*. Psychon Bull Rev 28 , 1270–1280 (2021). <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01873-x>

SANTOS JLG, CUNHA KS, ADAMY EK, BACKES MTS, LEITE JL, SOUSA FGM. Data analysis: comparison between the different methodological perspectives of the Grounded Theory. *Rev Esc Enferm USP*. 2018;52:e03303. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1980-220X2017021803303>

SCHOMER, D. L.; LOPES DA SILVA, F. H. *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. 6. ed. Oxford: Oxford University Press, 2010.

SCOTT, R. B.; DIENES, Z. A familiaridade prévia com os componentes aumenta o aprendizado inconsciente das relações. *Consciousness and Cognition*, v. 19, n. 1, p. 413–418, mar. 2010.

SEE, J. E. et al. The role of automation in reducing vigilance decrements: A meta-analytic review. *Human Factors*, v. 40, n. 4, p. 542-556, 2018.

SETH, A. K.; BAYNE, T. Theories of consciousness. *Nature Reviews Neuroscience*, v. 21, n. 8, p. 426-438, 2020.

SHALEV, N. Mackworth's clock is still ticking. *Nature Reviews Psychology*, v. 1, p. 190, 2022. doi:10.1038/s44159-022-00036-0. (2022a)

SHALEV, N. The breakdown of vigilance during prolonged visual search. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, v. 1, n. 1, p. 6-21, 2022. (2022b)

SHANKS, D. R.; ST JOHN, M. F. Características dos sistemas de aprendizagem humana dissociáveis. *Behavioral and Brain Sciences*, v. 17, n. 3, p. 367–447, 1994.

SILVA, JP, & OLIVEIRA, MR (2023). Análise de Desempenho de Algoritmos de Controle Preditivo Aplicados a Sistemas Não Lineares. *Revista Brasileira de Automação*, 29(2), 45-58.

SILVA, L. M.; LIMA, J. P.; OLIVEIRA, A. C. Adaptação do Teste do Relógio de Mackworth para avaliação da atenção em motoristas. *Revista Brasileira de Psicologia*, v. 72, n. 4, p. 123-134, 2020.

STOET, G. PsyToolkit: Um pacote de software para programar experimentos psicológicos usando Linux. *Behavior Research Methods*, v. 42, n. 4, p. 1096–1104, nov. 2010.

STOET, G. *Teaching of Psychology*, v. 44, n. 1, p. 24–31, 2017. doi:10.1177/0098628316677643. Disponível em: <https://repository.essex.ac.uk>. Acesso em: 15 jul. 2024.

TIVERON, E. M. ; KASPARY, B.; LACERDA , A. C. de . Excessive use of screens in childhood and its harms. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 13, n. 11, p. e05131147225, 2024. DOI: 10.33448/rsd-v13i11.47225. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/47225>. Acesso em: 4 dec. 2024.

THIBAUT, A., PANDA, R., ANNEN, J., SANZ, LRD, NACCACHE, L., MARTIAL, C., & LAUREYS, S. (2023). *Redes funcionais em distúrbios prolongados de consciência*. *Frontiers in Neuroscience, 17*, Artigo 1113695. Disponível em: [<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2023.1113695/full>]

TONONI, G.; KOCH, C. Consciousness: Here, there and everywhere? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 370, n. 1668, p. 20140167, 2015. doi:10.1098/rstb.2014.0167.

ULHÔA, C. G., BRANDSTETTER, M. C. G. de O., & MENDES, L. M. N. (2024). Avaliação de riscos relacionados a prazos – aplicação da simulação de Monte Carlo. *Caderno Pedagógico*, 21(4), e3471. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n4-184>

WARM, J. S.; PARASURAMAN, R.; MATTHEWS, G. Vigilance requires hard mental work and is stressful. *Human Factors*, v. 50, n. 3, p. 433-441, 2008. doi:10.1518/001872008X312152.

WICKENS, C. D.; GOH, J.; HELLEBERG, J.; HORREY, W. J.; TALLEUR, D. A. Attentional models of multitasking in the cockpit: Synthesis and predictions. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, v. 4, n. 1-2, p. 1-29, 2003. doi:10.1080/1463922021000005255.

WICKENS, C. D.; GOH, J.; HORREY, W. J. Environmental influence on vigilance: multitasking, distraction, and attention management. *Human Factors*, v. 61, n. 3, p. 395-413, 2019.

WOLPAW, J. R.; WOLPAW, E. W. *Brain-Computer Interfaces: Principles and Practice*. Oxford: Oxford University Press, 2018.

ZHANG, et al. Exploring the Temporal Patterns of Dynamic Information Flow during Attention Network Test (ANT). *Brain Sciences*, 2023.

ZHAO, J.; ZHAO, Y. A Comprehensive Review on Pearson Correlation for Data Analysis. *Journal of Data Science*, v. 19, n. 4, p. 540-556, 2021. doi:10.6339/JDS.202110_19(4).0010.

ZIORI, E.; DIENES, Z. A beleza facial afeta a aprendizagem implícita e explícita de homens e mulheres de maneira diferente. *Frontiers in Psychology*, v. 6, p. 1124, 2015.

ANEXOS

A seguir serão expostos documentos citados nesta tese, cuja importância justifica sua reprodução, a saber:

ANEXO A - PARECER FAVORÁVEL DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



**UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI**



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ANÁLISE BIOPSISSOCIAL PARA IDENTIFICAR FATORES QUE IMPACTAM NA CAPACIDADE DE INDIVÍDUOS ADULTOS PRATICAREM EXERCÍCIOS FÍSICOS: AVALIAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES NEURAIS, NA FADIGA E NA CAPACIDADE COGNITIVA

Pesquisador: Guaraci Moraes

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 67190123.3.0000.5492

Instituição Proponente: ISCP - SOCIEDADE EDUCACIONAL LTDA.

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.219.356

Apresentação do Projeto:

Excerto obtido a partir do projeto:

Título da Pesquisa: ANÁLISE BIOPSISSOCIAL PARA IDENTIFICAR FATORES QUE IMPACTAM NA CAPACIDADE DE INDIVÍDUOS ADULTOS PRATICAREM EXERCÍCIOS FÍSICOS: AVALIAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES NEURAIS, NA FADIGA E NA CAPACIDADE COGNITIVA

Pesquisador Responsável: Guaraci Moraes

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 67190123.3.0000.5492

Submetido em: 30/06/2023

Instituição Proponente: ISCP - SOCIEDADE EDUCACIONAL LTDA.

Situação da Versão do Projeto: Em relatório

Localização atual da Versão do Projeto: Universidade Anhembi Morumbi

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

Objetivo da Pesquisa:

Excerto obtido a partir do projeto:

Endereço: Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207

Bairro: Mooca **CEP:** 03.164-000

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)2790-4658 **E-mail:** cep.uam@animadeducacao.com.br

Página 01 de 04



**UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI**



Continuação do Parecer: 6.219.356

Promover análise biopsicomotora, de modo a avaliar como as emoções interferem nas respostas físicas, motoras e funcionais de indivíduos jovens, adultos, e idosos, podendo com ou sem limitações físicas e/ou mentais

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Excerto obtido a partir do projeto:

Considerando-se que em toda a atividade de estudo e pesquisa com seres humanos há riscos, este projeto se compromete a pautar todos as suas atividades em conformidade com o que está previsto no item V, da Resolução CNS 196/9

O benefício será decorrente da geração de dados primários sobre o uso de análises biopsicomotoras, como modo de avaliar a interferência das emoções nas respostas físicas, motoras e funcionais de indivíduos jovens, adultos e idosos (podendo haver algum grau de limitações físicas e/ou mentais), é extremamente relevante para melhorar a compreensão de fatores ligados a tomada de decisão e capacidade de resposta, tanto em AVD, quanto em atividades produtivas, esportivas ou educacionais

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um projeto

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

É um projeto com condições de realização, claramente definido em termos metodológicos e logísticos, caracterizando a viabilidade na proposta.

Recomendações:

1. Apresentar relatório parcial da pesquisa, semestralmente, a contar do início da mesma.
2. Apresentar relatório final da pesquisa até 30 dias após o término da mesma.
3. O CEP UAM deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Quaisquer documentações encaminhadas ao CEP UAM deverão conter junto uma Carta de Encaminhamento, em que conste o objetivo e justificativa do que esteja sendo apresentado.
5. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP UAM deverá ser comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.
6. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito

Endereço: Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207

Bairro: Mooca **CEP:** 03.164-000

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)2790-4658 **E-mail:** cep.uam@animadeducacao.com.br

Página 02 de 04



**UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI**



Continuação do Parecer: 6.219.356

de pesquisa.

7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Recomendo a aprovação do projeto pelo CEP.

Considerações Finais a critério do CEP:

1. Apresentar relatório parcial da pesquisa, semestralmente, a contar do início da mesma.
2. Apresentar relatório final da pesquisa até 30 dias após o término da mesma.
3. O CEP UAM deverá ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo.
4. Quaisquer documentações encaminhadas ao CEP UAM deverão conter junto uma Carta de Encaminhamento, em que conste o objetivo e justificativa do que esteja sendo apresentado.
5. Caso a pesquisa seja suspensa ou encerrada antes do previsto, o CEP UAM deverá ser comunicado, estando os motivos expressos no relatório final a ser apresentado.
6. O TCLE deverá ser obtido em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o sujeito de pesquisa.
7. Em conformidade com a Carta Circular nº. 003/2011CONEP/CNS, faz-se obrigatório a rubrica em todas as páginas do TCLE pelo sujeito de pesquisa ou seu responsável e pelo pesquisador.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_P	30/06/2023 15:44:40	Guaraci Moraes	Aceito
Outros	ROJETO_2074835.pdf	30/06/2023 15:43:33	Guaraci Moraes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_Consentimento_Livre_Escarecid	30/06/2023 15:43:16	Guaraci Moraes	Aceito
Projeto Detalhado	Projeto_detalhado_CEP_Guaraci.pdf	24/01/2023	Guaraci Moraes	Aceito

Endereço: Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207

Bairro: Mooca **CEP:** 03.164-000

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)2790-4658 **E-mail:** cep.uam@animadeducacao.com.br

Página 03 de 04



**UNIVERSIDADE ANHEMBI
MORUMBI**



Continuação do Parecer: 6.219.356

Arquivo	Data	Assinatura	Situação
Brochura Investigador	12/06/15	Guaraci Moraes	Aceito
Folha de Rosto	24/01/2023 12:05:55	Guaraci Moraes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessária Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 04 de Agosto de 2023

Assinado por:
CARLOS ROCHA OLIVEIRA
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Dr. Almeida Lima, 1.134 - 2º andar - sala 207

Bairro: Mooca **CEP:** 03.164-000

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)2790-4658 **E-mail:** cep.uam@animadeducacao.com.br

Página 04 de 04

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa:

ANÁLISE BIOPSICOSOCIAL PARA IDENTIFICAR FATORES QUE IMPACTAM NA CAPACIDADE DE INDIVÍDUOS ADULTOS PRATICAREM EXERCÍCIOS FÍSICOS: AVALIAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES NEURAIS, NA FADIGA E NA CAPACIDADE COGNITIVA

Orientador:

PROF. DR. OSMAR PINTO NETO – osmarpintoneto@hotmail.com

Pesquisador Assistente/Aluno:

PROF. M.SC. GUARACI LIMA DE MORAIS – guaracimorais@yahoo.com.br

1. **Natureza da pesquisa:** **CONVITE** – O sra (sr.) está sendo convidada (o) a participar desta pesquisa que tem como finalidade analisar a capacidade de identificar padrões lógicos e tomar decisões a partir deles.
2. **Participantes da pesquisa:** esta pesquisa se destina a indivíduos adultos.
3. **Envolvimento na pesquisa:** ao participar deste estudo a sra (sr) permitirá que o (a) pesquisador (a) tenha acesso aos seus dados e informações e aplique-os em análises qualitativas e quantitativas. A sra (sr.) tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para a sra (sr.). Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do (a) pesquisador (a) do projeto e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.
4. **Sobre as entrevistas:** não estão previstas entrevistas, mas estas podem ocorrer, em casos específicos, se for detectada relevância para a(s) pesquisa(s).
5. **Riscos e desconforto:** Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade. Lhe é assegurado o direito a assistência integral gratuita devido a danos diretos/ indiretos e imediatos/ tardios, pelo tempo que for necessário ao participante da pesquisa (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens II.3.1 e II.3.2). Considerando a natureza dos procedimentos e intervenções previstas considera-se que há riscos de desconfortos visuais decorrentes da fixação do ponto focal a ser observado, o que foi objeto de análise que

restringiu as ações a serem desenvolvidas a períodos curtos, com duração média de 60 segundos cada.

6. **Confidencialidade:** *todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente o (a) pesquisador (a) e o (a) orientador (a) terão conhecimento dos dados.*

7. **Benefícios:** *ao participar desta pesquisa a sra (sr.) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre os critérios para a tomada de decisão, de forma que o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possa melhorar a forma como produtos e serviços são produzidos, consumidos e descartados, neste sentido o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos.*

8. **Pagamento:** *a sra (sr.) não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação. Será garantido ao participante de pesquisa e seu acompanhante o ressarcimento de despesas decorrentes da participação no estudo nos dias em que for necessária sua presença para consultas ou exames, mediante prévio aviso (como exemplo: o transporte e a alimentação) (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens II.21 e IV.3.g)*

9. **Indenizações:** *é direito do participante da pesquisa buscar indenização por possíveis danos eventuais, decorrentes da pesquisa (Resolução CNS nº 466 de 2012, item IV.3.h).*

10. **Assistência:** *o direito a assistência integral gratuita devido a danos diretos/ indiretos e imediatos/ tardios, pelo tempo que for necessário ao participante da pesquisa (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens II.3.1 e II.3.2).*

11. **Sistema Único de Saúde:** *o pesquisador e o patrocinador não irão onerar os planos de saúde, o SUS, ou o próprio participante da pesquisa, responsabilizando-se por todos os gastos relativos aos cuidados, inclusive relacionado à assistência em caso de alguma reação ao procedimento realizado após assinatura do consentimento livre esclarecido (Resolução nº 466 de 2012, item III.2.o).*

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem.

Observações:

- Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

- Estando de pleno acordo em participar desta pesquisa deverão rubricar todas as páginas deste Termo: o pesquisador responsável ou pessoa por ele delegada; e, participante e/ou responsável legal (Resolução CNS n. 466, de 2012, item IV. 5. d).

Consentimento Livre e Esclarecido

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida, manifesto meu consentimento em participar da pesquisa. Declaro que recebi cópia deste termo de consentimento, e autorizo a realização da pesquisa e a divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Nome do Participante da Pesquisa

Assinatura do Participante da Pesquisa

GUARACI LIMA DE MORAIS

PROF. DR. OSMAR PINTO NETO

Pesquisador Principal: **NOME PROF. OSMAR PINTO NETO FONE 12 981460693**

Demais pesquisadores: **NOME GUARACI L. DE MORAIS FONE 12 981480426**

NOME _____ **FONE** _____

NOME _____ **FONE** _____

TERMO DE PARTICIPAÇÃO CONCEDIDA

Declaro que cumprirei os requisitos da *Resolução CNS n.º 466/12* e/ou da *Resolução CNS n.º 510/16*, bem com suas complementares, como pesquisador(a) responsável e/ou pesquisador participante do projeto intitulado “ANÁLISE BIOPSIKOSOCIAL PARA IDENTIFICAR FATORES QUE IMPACTAM NA CAPACIDADE DE INDIVÍDUOS ADULTOS PRATICAREM EXERCÍCIOS FÍSICOS: AVALIAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES NEURAIS, NA FADIGA E NA CAPACIDADE COGNITIVA”. Comprometo-me a utilizar os materiais e os dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo da pesquisa acima referido e, ainda, a publicar os resultados, sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto, considerando a relevância social da pesquisa, o que garante a igual consideração de todos os interesses envolvidos.

Data: 08/ 05 / 2023

Nome do Pesquisador	Função na Pesquisa	Assinatura Manuscrita
1. OSMAR PINTO NETO	PROF. ORIENTADOR	
2. GUARACI L DE MORAIS	PESQUISADOR / ALUNO	
3.		
4.		

ANEXO C – PESQUISA DE AVALIAÇÃO COGNITIVA



Pesquisa de Avaliação Cognitiva

Olá, sou o Prof. Guaraci Lima de Moraes, e gostaria de convidá-lo a fazer parte da pesquisa que estou desenvolvendo para as análises do meu doutorado em Engenharia Biomédica na Universidade Anhembi Morumbi.

Sua participação é essencial para nos ajudar a compreender melhor os fatores que influenciam a tomada de decisão a partir da construção do aprendizado e da capacidade de perceber e identificar padrões.

Desde já agradeço a sua colaboração e me coloco a disposição para esclarecer qualquer dúvida que possa ter a este respeito pelo e-mail: guaracimoraes@yahoo.com.br.

guaracimoraes@gmail.com [Mudar de conta](#) 

* Indica uma pergunta obrigatória

E-mail *

Seu e-mail

Observação o questionário pode ser acessado na íntegra através do link:
<https://forms.gle/u1LQ157wWsRc9NPY8>

ANEXO D – ARTIGO PUBLICADO PELO AUTOR, A PARTIR DOS DADOS DA PRESENTE TESE.



Article

Quantifying the Transition from Unconscious to Conscious Detection of Temporal Patterns in Vigilance Tasks: A Unique Adaptation of Mackworth's Clock Test

Guaraci Lima de Morais ^{1,2}, Tatiana Okubo Rocha Pinho ³, Leonardo Crespim ^{3,4} and Osmar Pinto Neto ^{1,5,6,*}

¹ Biomedical Engineering Department, Anhembí Morumbi University,

São José dos Campos 12247-016, SP, Brazil; guaraci.morais@fatec.sp.gov.br

² Faculdade de Tecnologia de São Paulo, Campus Prof. Jesen Vidal, São José do Campo 12247-016, SP, Brazil

³ Arena235 Research Lab., São José dos Campos 12246-876, SP, Brazil; tatiokubo@gmail.com (T.O.R.P.); leocrespim@gmail.com (L.C.)

⁴ Gulfstream Aerospace, Savannah, GA 31408, USA

⁵ Department of Kinesiology, California State University San Marcos (CSUSM), San Marcos, CA 92096, USA

⁶ Center of Innovation, Technology and Education—CITE, São José dos Campos 12247-016, SP, Brazil

* Correspondence: osmarpintoneto@hotmail.com; Tel.: +1-(442)-4160823



Citation: Morais, G.L.d.; Pinho, T.O.R.; Crespim, L.; Pinto Neto, O. Quantifying the Transition from Unconscious to Conscious Detection of Temporal Patterns in Vigilance Tasks: A Unique Adaptation of Mackworth's Clock Test. *Neurol. Int.* **2024**, *16*, 945–957. <https://doi.org/10.3390/neurolint16050071>

Academic Editor: Junji Yamauchi

Received: 17 July 2024

Revised: 24 August 2024

Accepted: 27 August 2024

Published: 31 August 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This study investigates the cognitive mechanisms underlying vigilance and pattern recognition using a novel adaptation of Mackworth's Clock Test. We aimed to quantify the time it takes for temporal patterns detected unconsciously through implicit learning to surface in the conscious mind within a dynamic vigilance task environment. Forty-eight participants detected random and non-disclosed rhythmic anomalous clock hand movements in this setting. Our results indicate significant variability in detection accuracy, reaction times, and the ability to recognize the hidden pattern among participants. Notably, 23% of all participants and 56% of those who consciously reported the pattern exhibited statistically lower reaction times indicative of knowledge of the pattern 40 s before conscious identification. These findings provide valuable insights into the transition from unconscious to conscious detection, highlighting the complexity of sustained attention and pattern recognition. The study's implications extend to designing training programs and tasks for high-stakes professions requiring prolonged vigilance. Future research should further explore the cognitive and neural correlates of these processes and the impact of task complexity on performance.

Keywords: implicit learning; vigilance; pattern recognition; Mackworth's Clock Test; reaction time; conscious and unconscious detection

1. Introduction

The challenge of quantifying the time it takes for a temporal pattern detected unconsciously to surface in the conscious mind is significant yet underexplored. Understanding this transition is particularly important in contexts where sustained attention, or vigilance, plays a critical role, such as in air traffic control, surveillance, and quality inspection. Several studies have addressed related questions, emphasizing the distinction between conscious and unconscious processing. Dehaene and colleagues [1] discussed how unconscious processing could precede conscious awareness, suggesting a multi-stage cognitive mechanism. Similarly, studies on implicit learning have shown that individuals can learn complex patterns without being explicitly aware [2–4]. Moreover, research in artificial grammar learning (AGL) has demonstrated that people can extract and use knowledge structured by complex regularities, even when unaware [4–6]. This phenomenon, known as implicit or unconscious learning, plays a crucial role in human behavior across various contexts, including social interactions, sports, and those requiring sustained vigilance [7–9].

Most studies showing evidence of implicit learning have been conducted in experimental paradigms with relatively simple, artificial stimuli. For example, in AGL, participants

ANEXO E – GLOSSÁRIO DAS FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS

PsyToolkit: Para Stoet (2017) o PsyToolkit é uma ferramenta útil para a criação e administração de experimentos psicológicos e estudos de questionários. Ele oferece um ambiente de programação específico para essas tarefas, permitindo que você desenvolva e implemente testes de maneira eficiente.

Teste do Relógio de Mackworth: envolve a apresentação de um ponteiro que se move em intervalos regulares em torno de um mostrador. O ponteiro ocasionalmente faz movimentos irregulares ("saltos duplos"), que os participantes devem detectar. (ARESE LUCINI, *et al.*, 2019)

MATLAB 2022a: Segundo Silva & Oliveira (2023) MATLAB (Matrix Laboratory) é uma plataforma de programação desenvolvida pela MathWorks que é amplamente utilizada por engenheiros, cientistas e pesquisadores para análise de dados, desenvolvimento de algoritmos e criação de modelos matemáticos. MATLAB 2022 é uma versão atualizada desta plataforma que inclui melhorias e novas funcionalidades em relação às versões anteriores.

Python: Segundo Matthes (2019) Python é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada e de propósito geral, conhecida por sua sintaxe clara e legível. Criada por Guido van Rossum e lançada pela primeira vez em 1991, Python enfatiza a legibilidade do código e a simplicidade, permitindo que os desenvolvedores escrevam menos código para realizar tarefas complexas. Python suporta múltiplos paradigmas de programação, incluindo programação procedural, orientada a objetos e funcional.

Monte Carlo: Segundo McCullagh, *et al* (2006), as simulações de Monte Carlo são uma classe de métodos computacionais que utilizam a aleatoriedade para resolver problemas matemáticos e físicos que podem ser determinísticos na teoria, mas que são complexos demais para serem resolvidos de forma analítica. Esses métodos são baseados na geração de números aleatórios e na observação dos resultados para fazer inferências sobre o comportamento de um sistema.

Teste de Normalidade de Smirnov-Kolmogorov: Segundo Gibbons (2017), o teste de Smirnov-Kolmogorov, também conhecido como teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S), é um teste estatístico não paramétrico utilizado para comparar uma amostra com uma distribuição de referência (univariada, contínua) ou para comparar duas amostras entre si. Ele avalia a hipótese nula de que as duas amostras derivam da mesma distribuição ou que uma amostra segue uma distribuição específica.

Testes t Pareados: é uma técnica estatística usada para comparar as médias de duas amostras relacionadas. Isso é útil quando você tem duas condições ou dois pontos de tempo diferentes para os mesmos sujeitos e deseja verificar se há uma diferença significativa entre eles. (BRUCE, BRUCE & GEDECK, 2020)

ANOVA Unidirecional: é usada para comparar as médias de três ou mais grupos independentes para ver se pelo menos um grupo é significativamente diferente dos outros. A ANOVA testa a hipótese nula de que todas as médias dos grupos são iguais. (BRUCE, BRUCE & GEDECK, 2020)

Correção de Bonferroni: é uma técnica para ajustar os valores de p quando múltiplos testes estatísticos são realizados simultaneamente. Isso ajuda a controlar o erro do Tipo I (falso positivo), dividindo o nível de significância alfa (geralmente 0,05) pelo número de testes realizados. (BRUCE, BRUCE & GEDECK, 2020)

Correlação de Pearson: também conhecida como coeficiente de correlação de Pearson, é uma medida estatística que avalia a força e a direção da relação linear entre duas variáveis contínuas. Segundo Zhao & Zhao (2021), o coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1, sendo que: 1 indica uma correlação linear positiva perfeita; -1 indica uma correlação linear negativa perfeita; 0 indica que não há correlação linear. Segundo Cha & Borowsky (2019), ela é utilizada para determinar a força e a direção de uma relação linear entre duas variáveis contínuas. É ideal para dados que seguem uma distribuição normal e possuem uma relação linear.

Correlação de Spearman: também conhecida como coeficiente de correlação de Spearman ou rho de Spearman, é uma medida não paramétrica que avalia a força e a direção da associação monotônica entre duas variáveis. Assim como a correlação de Pearson, varia de -1 a 1, mas é baseada nas classificações (*ranks*) das observações, e não nos valores absolutos. Segundo Cha & Borowsky (2019), ela é

utilizada quando as variáveis não atendem aos requisitos de normalidade e linearidade, ou quando os dados são ordinais. Avalia a relação monotônica entre variáveis.