

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

FÁBIO HENRIQUE GONÇALVES CESAR

AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE SINAIS DE RASTREAMENTO OCULAR EM
JOGADAS DE XADREZ

São Bernardo do Campo

2016

FÁBIO HENRIQUE GONÇALVES CESAR

AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE SINAIS DE RASTREAMENTO OCULAR EM
JOGADAS DE XADREZ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro Universitário da FEI para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica, orientada pelo Prof. Dr. Carlos Eduardo Thomaz.

São Bernardo do Campo

2016

Gonçalves Cesar, Fabio Henrique.

Aquisição e processamento de sinais de rastreamento ocular em jogadas de xadrez / Fabio Henrique Gonçalves Cesar. São Bernardo do Campo, 2016.

131 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Thomaz.

1. xadrez. 2. rastreamento ocular. 3. processamento de sinal. 4. visualização de dados. 5. CHESSLAB. I. Thomaz, Carlos Eduardo, orient. II. Título.

Aluno: Fábio Henrique Gonçalves Cesar

Matrícula: 113304-0

Título do Trabalho: Aquisição e processamento de sinais de rastreamento ocular em jogadas de xadrez.

Área de Concentração: Processamento de Sinais

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Thomaz

Data da realização da defesa: 24/06/2016

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

São Bernardo do Campo, 24 / 06 / 2016.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Thomaz

Ass.: _____

Prof. Dr. Luis Fernando Novazzi

Ass.: _____

Prof. Dr. Vagner Figueredo de Santana

Ass.: _____

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO

REPROVADO

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

**APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE
FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA
EXAMINADORA**

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

Prof. Dr. Carlos Eduardo Thomaz

À minha esposa, aos meus pais e irmãos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e as condições de trilhar este caminho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Thomaz, pela dedicação e encorajamento. Sem o seu bom humor, disponibilidade e as frequentes palavras de incentivo, este trabalho não teria sido possível.

Ao Prof. Dr. Wilson da Silva, pelo auxílio na elaboração das questões e ao professor, e mestre internacional de xadrez, Davy Maurice D'Israel, pela colaboração na elaboração das questões e ajuda no recrutamento dos voluntários.

Aos colégios Santa Cruz e Catamarã, por terem cedido espaço e apoiado a realização do experimento.

Aos voluntários dos experimentos, em especial ao André Diamant, grande mestre internacional de xadrez pela FIDE.

Aos professores Paulo Santos, Paulo Sérgio e Flavio Tonidandel, pelas aulas que foram muito enriquecedoras.

À minha esposa Roberta, pela paciência, amor e incondicional apoio. Ao meu irmão Renato que está sempre ao meu lado em tudo. Aos meus pais e irmã, pelo amor e incentivo.

Ao colega Fábio Rocha, pelas discussões e colaboração.

Ao grande amigo Guilherme Wachs, que me apresentou o programa de mestrado da FEI e muito me ajudou até aqui.

RESUMO

Por proporcionar um ambiente compacto e controlado para questionamentos fundamentais sobre o raciocínio humano, o xadrez tem atraído, há mais de um século, o desenvolvimento de diversos trabalhos acadêmicos em áreas distintas do conhecimento, tais como cognição, memória, psicologia perceptual e inteligência artificial. De igual importância, o rastreamento ocular tem auxiliado na busca de respostas para a compreensão dos processos cognitivos e da atenção humana nas mais diversas áreas, inclusive com o emprego do jogo de xadrez. Este trabalho tem por objetivo investigar os principais processos de aquisição e processamento de sinais de rastreamento do movimento ocular e implementar uma ferramenta computacional, o CHESSLAB, para aquisição e processamento destes sinais em jogadas de xadrez, além da apresentação gráfica dos sinais captados. Muito embora existam diversas ferramentas para essa finalidade, a implementação do CHESSLAB possibilitará um conhecimento mais aprofundado dessas técnicas no contexto do xadrez. Os resultados do experimento mostraram importantes diferenças nos padrões do movimento ocular entre jogadores experientes e novatos, indicando possibilidades relevantes para a melhor compreensão dos processos cognitivos humanos.

Palavras-chave: xadrez. Rastreamento ocular. Processamento de sinal. Visualização de dados. CHESSLAB

ABSTRACT

By providing a compact and controlled environment for fundamental questions about human reasoning, chess has attracted the development of many academic papers in different areas of knowledge, such as cognition, memory, perceptual psychology and artificial intelligence. Equally important, the eye-tracking has helped in the search for answers to understand cognitive processes and human attention in several areas, including the use of the game of chess. This study aims to investigate the main processes of acquisition and processing of signals from the eye movement and to implement a computational tool, CHESSLAB, for the acquisition and processing of those signals in chess moves, in addition to a graphical presentation of the captured signal. Although there are several tools for this purpose, the implementation of CHESSLAB will enable a better understanding of those techniques in the chess context. The results of the experiment showed significant differences in patterns of eye movement between experienced and novice players, indicating relevant possibilities for better understanding of human cognitive processes.

Keywords: chess. Eye-tracking. Signal processing. Data visualization. CHESSLAB

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1 | Motivação | 21 |
| 1.2 | Objetivo | 22 |
| 1.3 | Organização do Trabalho | 22 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 23 |
| 2.1 | Sinais de Movimentos Oculares | 24 |
| 2.2 | Outro Sinais e Técnicas | 31 |
| 2.3 | Considerações Complementares | 33 |
| 3 | RASTREAMENTO OCULAR | 34 |
| 3.1 | O Olho Humano | 34 |
| 3.2 | Dispositivos de Rastreamento do Movimento Ocular | 35 |
| 3.2.1 | Rastreador de posição ocular | 35 |
| 3.2.2 | Rastreador do ponto observado | 38 |
| 3.2.3 | Eletro-oculografia | 39 |
| 3.2.4 | Lente escleral com sensor indutivo | 40 |
| 3.2.5 | Video-oculografia | 41 |
| 3.3 | Terminologias | 42 |
| 3.3.1 | Sacada | 42 |
| 3.3.2 | Fixação | 42 |
| 3.3.3 | Perseguição suave | 42 |
| 3.3.4 | Nistagmo | 42 |
| 3.3.5 | Glissadas | 42 |
| 3.4 | Considerações Complementares | 43 |
| 4 | CHESSLAB: FERRAMENTA COMPUTACIONAL | 44 |
| 4.1 | Arquitetura | 44 |
| 4.1.0.1 | <i>CHESSLAB.Core</i> | 46 |
| 4.1.0.2 | <i>CHESSLAB.IO</i> | 46 |
| 4.1.0.3 | <i>CHESSLAB.Sensors</i> | 46 |
| 4.1.0.4 | <i>CHESSLAB.UI</i> | 47 |
| 4.1.0.5 | <i>CHESSLAB.SkillTest</i> | 47 |
| 4.1.0.6 | <i>CHESSLAB.Processing</i> | 48 |
| 4.2 | Linguagem e Ferramentas | 48 |

| | | |
|----------------|--|------------|
| 4.3 | Interface | 48 |
| 4.4 | Cadastro de Participantes | 50 |
| 5 | MATERIAIS E MÉTODOS | 52 |
| 5.1 | Participantes | 52 |
| 5.1.1 | Resultados Descartados | 52 |
| 5.1.2 | Avaliação dos Participantes | 53 |
| 5.2 | Questões de Xadrez e Equipamentos | 54 |
| 5.3 | Métodos | 54 |
| 5.3.1 | Teste de Proficiência | 55 |
| 5.3.2 | Aquisição dos dados | 56 |
| 5.3.3 | Pré-processamento | 56 |
| 5.3.3.1 | <i>Interpolação de informações ausentes</i> | 56 |
| 5.3.3.2 | <i>Filtragem de ruídos</i> | 57 |
| 5.3.4 | Processamento | 58 |
| 5.3.4.1 | <i>Fixações</i> | 59 |
| 5.3.5 | Mapas e Diagramas | 60 |
| 5.3.5.1 | <i>Mapa de Gaze</i> | 61 |
| 5.3.5.2 | <i>Mapa de Atenção Visual</i> | 63 |
| 5.3.5.3 | <i>Mapa de Saliência</i> | 70 |
| 5.3.5.4 | <i>Scanpath</i> | 71 |
| 6 | RESULTADOS | 73 |
| 6.1 | Avaliação dos Participantes | 73 |
| 6.2 | Comparações entre os dois grupos | 74 |
| 7 | CONCLUSÃO | 95 |
| | REFERÊNCIAS | 97 |
| | ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO | 103 |
| | ANEXO B – QUESTÕES DO TESTE DE PROFICIÊNCIA | 105 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 1 – | Livros sobre psicologia do xadrez | 23 |
| Figura 2 – | Livros sobre rastreamento do movimento ocular | 25 |
| Figura 3 – | Dispositivo de rastreamento ocular pioneiro | 26 |
| Figura 4 – | Padrão dos movimentos oculares | 27 |
| Figura 5 – | Ataque Panov e defesa Caro Kann | 28 |
| Figura 6 – | Experimentos com rastreamento ocular | 29 |
| Figura 7 – | Dispositivos de rastreamento ocular moderno | 30 |
| Figura 8 – | Análise de EEG do jogador Simon Williams | 32 |
| Figura 9 – | Mapas de fixações | 32 |
| Figura 10 – | Histograma das publicações relacionadas com rastreamento ocular e visualização de dados | 33 |
| Figura 11 – | O olho humano | 34 |
| Figura 12 – | Dispositivo portátil | 36 |
| Figura 13 – | Imagem capturada por dispositivo portátil | 37 |
| Figura 14 – | Imagem capturada por dispositivo portátil | 37 |
| Figura 15 – | Dispositivo dedicado | 38 |
| Figura 16 – | Apoio de cabeça. | 39 |
| Figura 17 – | Sensores de Eletro-oculografia. | 40 |
| Figura 18 – | À esquerda uma lente escleral com sensor indutivo e à direita a lente colocada nos olhos de um indivíduo. | 40 |
| Figura 19 – | Reflexo de luz no olho em diferentes direções. | 41 |
| Figura 20 – | Glissadas, no destaque em vermelho. | 43 |
| Figura 21 – | Diagrama de componentes. | 45 |
| Figura 22 – | Instruções do teste de proficiência. | 47 |
| Figura 23 – | Telas da questão e seu respectivo tabuleiro. | 48 |
| Figura 24 – | Teste em tela cheia. | 49 |
| Figura 25 – | Tela de Cadastro de Participante. | 50 |
| Figura 26 – | Tabela com a qualidade das amostras. | 53 |
| Figura 27 – | Sinal original e interpolado | 58 |
| Figura 28 – | Sinal interpolado e filtrado | 59 |
| Figura 29 – | Mapa de gaze. | 61 |
| Figura 30 – | Mapa de gaze com fixações. | 62 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Figura 31 – | Mapa de atenção. | 63 |
| Figura 32 – | Mapa de atenção transparente. | 64 |
| Figura 33 – | Comparação entre mapa de atenção e mapa de gaze | 65 |
| Figura 34 – | Representação visual da matriz de máscara (as cores são apenas indicativos dos valores das células). | 67 |
| Figura 35 – | Representação visual dos passos para geração de mapa de atenção visual. | 69 |
| Figura 36 – | Mapa de saliência | 70 |
| Figura 37 – | Scanpath. | 71 |
| Figura 38 – | Histograma da pontuação dos participantes. | 73 |
| Figura 39 – | Mapa gaze dos participantes experientes para a questão 8. | 76 |
| Figura 40 – | Mapa gaze dos participantes inexperientes para a questão 8. | 77 |
| Figura 41 – | Questão 8: A TORRE PRETA consegue BLOQUEAR o BISPO BRANCO? | 78 |
| Figura 42 – | Mapa scanpath dos participantes experientes para a questão 41. | 80 |
| Figura 43 – | Mapa scanpath dos participantes inexperientes para a questão 41. | 81 |
| Figura 44 – | Questão 41: O rei PRETO está em XEQUE-MATE? | 82 |
| Figura 45 – | Mapa scanpath dos participantes experientes para a questão 37. | 84 |
| Figura 46 – | Mapa scanpath dos participantes inexperientes para a questão 37. | 85 |
| Figura 47 – | Questão 37: Um BISPO PRETO foi CAPTURADO? | 86 |
| Figura 48 – | Mapa scanpath dos participantes experientes para a questão 3. | 88 |
| Figura 49 – | Mapa scanpath dos participantes inexperientes para a questão 3. | 89 |
| Figura 50 – | Questão 3: As PRETAS podem dar MATE em UMA jogada? | 90 |
| Figura 51 – | Mapa scanpath dos participantes experientes para a questão 19. | 92 |
| Figura 52 – | Mapa scanpath dos participantes inexperientes para a questão 19. | 93 |
| Figura 53 – | Questão 19: As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada? | 94 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Categorias do questionário de avaliação. | 55 |
| Tabela 2 – Grupos de participantes e suas respectivas pontuações | 74 |
| Tabela 3 – Resultados da Questão 8. | 75 |
| Tabela 4 – Resultados da Questão 41. | 79 |
| Tabela 5 – Resultados da Questão 37. | 83 |
| Tabela 6 – Resultados da Questão 3. | 87 |
| Tabela 7 – Resultados da Questão 19. | 91 |

LISTA DE ALGORITMOS

| | | |
|-------------|---|----|
| Algoritmo 1 | Algoritmo I-DT para detecção de fixações. | 60 |
| Algoritmo 2 | Algoritmo para desenho do mapa de gaze. | 62 |
| Algoritmo 3 | Algoritmo para geração de máscara usada no mapa de calor. | 66 |
| Algoritmo 4 | Algoritmo para geração do mapa de atenção visual. | 68 |
| Algoritmo 5 | Algoritmo para desenho do scanpath. | 72 |

1 INTRODUÇÃO

Por proporcionar um ambiente compacto e controlado para questionamentos fundamentais sobre o raciocínio humano, o xadrez tem atraído, desde o final do século XIX, o desenvolvimento de diversos trabalhos acadêmicos em áreas distintas do conhecimento, tais como Cognição (GROOT, 1965), Memória (GOBET; SIMON, 2000), Psicologia Perceptual (BINET, 1894; CHASE; SIMON, 1973) e Inteligência Artificial (LEVINSON et al., 1991; ENSMENGER, 2012)

Muitas dessas pesquisas buscaram entender como o enxadrista interpreta uma posição no jogo de xadrez e como ele pondera sua estratégia e seus planos táticos. Para esse fim, diversos trabalhos têm explorado recursos tecnológicos, tais como os dispositivos de rastreamento do movimento ocular (BLIGNAUT; BEELDERS; SO, 2008; CHARNNESS et al., 2001), os sensores de eletroencefalografia (VOLKE et al., 2002; MANN et al., 2004) entre outros (AMIDZIC et al., 2001; NICHELLI et al., 1994).

O emprego de dispositivos de rastreamento do movimento ocular tem ajudado na evolução das pesquisas nas áreas de conhecimento citadas, trazendo outras descobertas e confirmando hipóteses de estudos realizados antes destas novas tecnologias (CARRITHERS; BEVER, 1984). Este trabalho indica a viabilidade e a pertinência em aprofundar e evoluir as metodologias de pesquisa relacionadas aos dispositivos de rastreamento ocular e o xadrez.

1.1 MOTIVAÇÃO

Existem muitas ferramentas de rastreamento ocular disponíveis, mas é possível realizar inovações, principalmente no que tange à facilidade de estruturar e elaborar experimentos para pesquisadores não técnicos, que tenham necessidades de pesquisas para domínios específicos ou que precisem de maior gama de opções na apresentação dos dados coletados.

A realização deste trabalho foi motivada pela possibilidade de contribuir para o desenvolvimento de novas ferramentas e algoritmos para a evolução deste meio de pesquisa, especialmente no ambiente do xadrez.

1.2 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é investigar e implementar os principais processos de aquisição e processamento de sinais de rastreamento ocular em jogadas de xadrez. Em outras palavras, objetiva-se compreender as técnicas de rastreamento do movimento ocular, sobretudo aplicadas no ambiente do jogo de xadrez, incluindo o desenvolvimento de algumas funcionalidades de captação, processamento e apresentação dos dados.

Para atingir este objetivo principal, estes são os objetivos específicos do trabalho:

- a) implementar uma ferramenta computacional para a estruturação e execução de testes e processamento dos dados;
- b) realizar experimentos com jogadores de xadrez voluntários para aquisição dos sinais de rastreamento ocular;
- c) processar esses sinais e criar representações gráficas capazes de apresentar os sinais captados pelo dispositivo de rastreamento ocular;
- d) analisar e comparar o desempenho entre participantes experientes e inexperientes;
- e) disponibilizar publicamente os algoritmos e a ferramenta implementada para utilização em outros trabalhos.

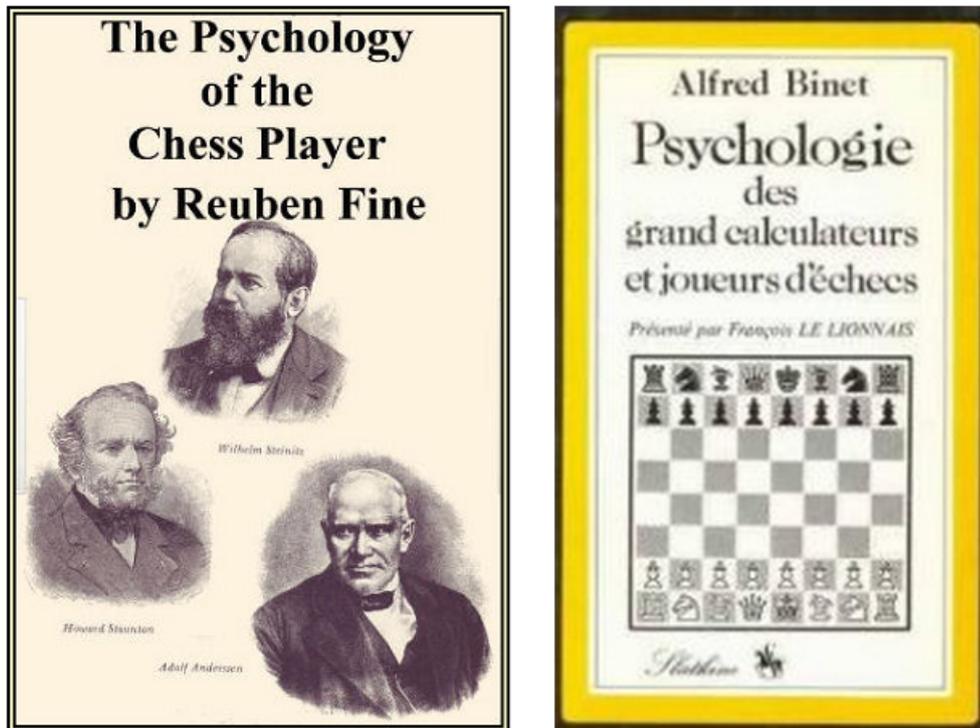
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é composto por 7 capítulos. Neste primeiro, está contemplada a introdução. No capítulo 2, é apresentada uma breve revisão bibliográfica, em ordem cronológica, seguida de uma discussão sobre os desafios atuais. No capítulo 3, está descrito o funcionamento dos principais tipos de dispositivo de rastreamento ocular. No capítulo 4, é apresentada a ferramenta computacional desenvolvida para realizar os experimentos deste trabalho, o CHES-SLAB, com os detalhes da sua implementação e seus módulos. No capítulo 5, são descritos os materiais e métodos utilizados nos experimentos realizados. Os seus resultados são expostos no capítulo 6. No último capítulo é apresentada a conclusão e algumas possibilidades para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Por se tratar de jogo que exige grande raciocínio, memória e estratégia, o jogo de xadrez tem sido amplamente utilizado em estudos científicos em diversas áreas do conhecimento. Com regras bem definidas, sem qualquer elemento de sorte, o xadrez oferece um ambiente controlado para avaliação do raciocínio humano. Desta forma, desde o final do século XIX, começaram a surgir diversos estudos sobre psicologia envolvendo o xadrez. Na Figura 1, apresentam-se dois importantes livros sobre a psicologia do jogo de xadrez.

Figura 1 – Livros sobre psicologia do xadrez.



Fonte: Fine, 1967 e Binet, 1894, respectivamente

Em um estudo seminal, De Groot (GROOT, 1965) investigou o papel da memória nos jogos de xadrez, bem como a heurística utilizada pelos jogadores. Neste estudo, percebeu-se que o número de jogadas avaliadas, bem como a profundidade da análise, não apresentavam diferenças em função da experiência do jogador, ou seja, tanto jogadores experientes quanto novatos avaliavam o jogo de uma mesma forma. Entretanto, foi possível notar que os jogadores mais experientes encontravam uma boa solução mais rapidamente, enquanto que os novatos

analisavam as consequências de uma escolha ineficiente. Neste mesmo estudo, houve uma importante descoberta sobre a memória dos jogadores de xadrez. Descobriu-se que jogadores experientes eram capazes de reconstruir o posicionamento completo de um tabuleiro de xadrez com apenas 5 segundos de exposição a ele, enquanto que jogadores abaixo do nível de mestre não conseguiam executar essa tarefa.

2.1 SINAIS DE MOVIMENTOS OCULARES

Contemporâneo ao uso do xadrez como método de investigação científica, foi o interesse pelo rastreamento dos movimentos oculares. Os primeiros estudos envolvendo o rastreamento dos movimentos oculares remontam ao final do século 19. Se um antigo provérbio afirmava que “Os olhos são a janela para alma”, a ciência passou a enxergá-los como uma janela para a nossa mente, conforme ilustrado na Figura 2.

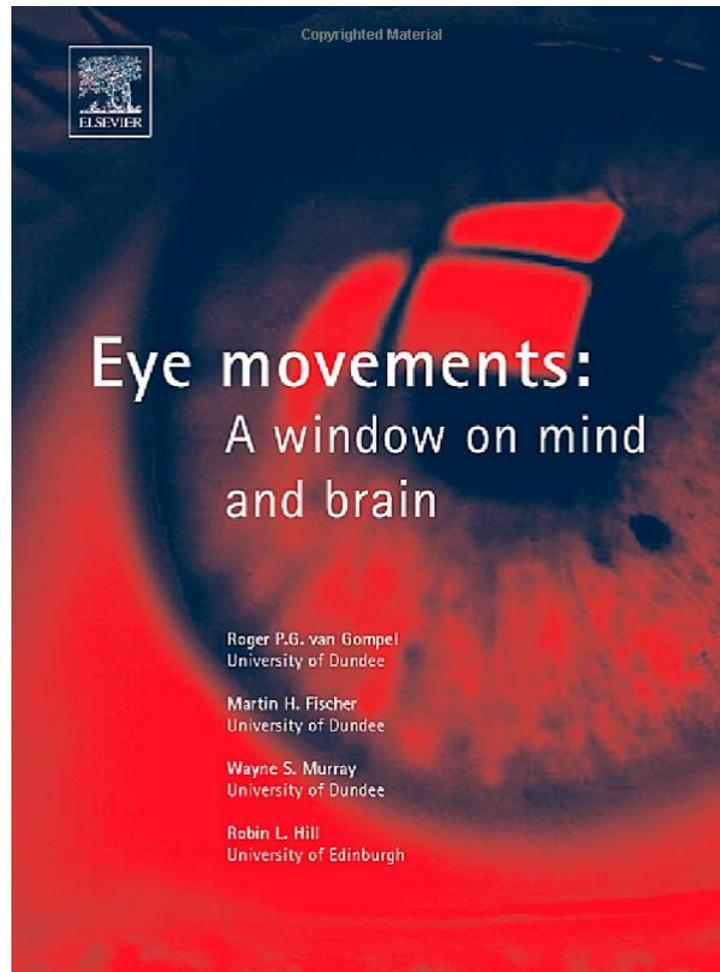
Louis Émile Javal, um oftalmologista francês, é frequentemente citado como um dos pioneiros no estudo de padrões dos movimentos oculares durante a leitura. Em 1879, ele afirmou que o movimento ocular durante a leitura não é contínuo, e sim através de saltos (conhecidos por sacadas), com alguns períodos de fixação em determinados pontos.

Os estudos de Javal são conhecidos principalmente pelas citações feitas pelo psicólogo Edmund Huey (HUEY, 1908) no início do século passado. Inclusive, pertence a Huey o primeiro dispositivo de rastreamento do movimento ocular que se tem notícia. Tratava-se de uma lente de contato com uma haste de alumínio que indicava a direção do olhar, acompanhando os movimentos oculares. A partir da década de 60, a evolução tecnológica tornou o rastreamento dos movimentos oculares mais preciso e com equipamentos não tão invasivos. Na Figura 3, observa-se um exemplo desses dispositivos, um equipamento desenvolvido por Alfred Yarbus.

Foi a partir de um trabalho de Yarbus (YARBUS, 1967) que o rastreamento ocular ganhou força como um importante método de investigação científica. Neste trabalho, que é considerado um dos mais importantes estudos usando essa técnica, Yarbus demonstrou que o padrão dos movimentos oculares está relacionado ao objetivo da tarefa. Como é possível de observar na Figura 4, o padrão dos movimentos oculares difere consideravelmente conforme o objetivo do exame de uma imagem.

Os métodos de rastreamento foram aperfeiçoados ao longo do tempo e sua aplicação para a elaboração de diagnósticos nas mais diversas áreas, como neurociência, psicologia e psiquiatria, marketing, engenharia industrial, usabilidade e ciência da computação, tornaram-se difundidas (DUCHOWSKI, 2002). Isto se deve ao fato de que os movimentos dos olhos têm

Figura 2 – Livros sobre movimentos ocular.

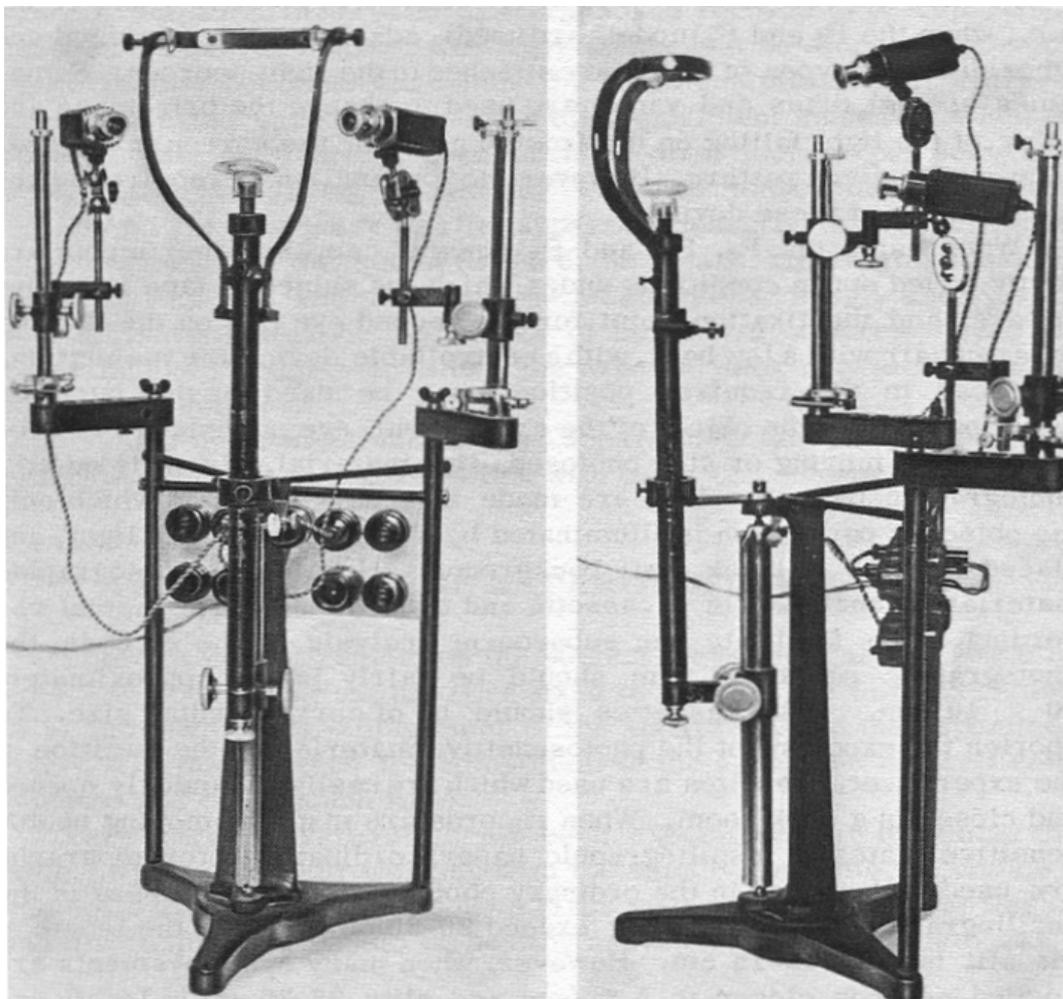


Fonte: Lappe, 2008

ligação direta com os mecanismos da atenção. Coberta (CORBETTA et al., 1998) mostrou em experimento de rastreamento ocular integrado ao de ressonância magnética funcional (fMRI) que o movimento anatômico dos olhos tem íntima ligação com os processos de atenção no nível neurológico.

A possibilidade de realizar estudos científicos envolvendo o xadrez e os movimentos oculares despertou bastante interesse na ciência, devido às afinidades dos dois campos de estudo e as ricas possibilidades de investigação. É na década de 60 que os estudos envolvendo xadrez incorporam as técnicas de rastreamento ocular, sendo os trabalhos de Tikhomirov et al. (TIKHOMIROV; POZNYANSKAYA, 1966), Winikoff (WINIKOFF, 1967), Jongman (JONGMAN, 1968) e Simon & Barenfeld (SIMON; BARENFELD, 1969) os trabalhos mais citados desta década.

Figura 3 – Dispositivo pioneiro utilizado em estudos científicos por Alfred Yarbus na década de 60.

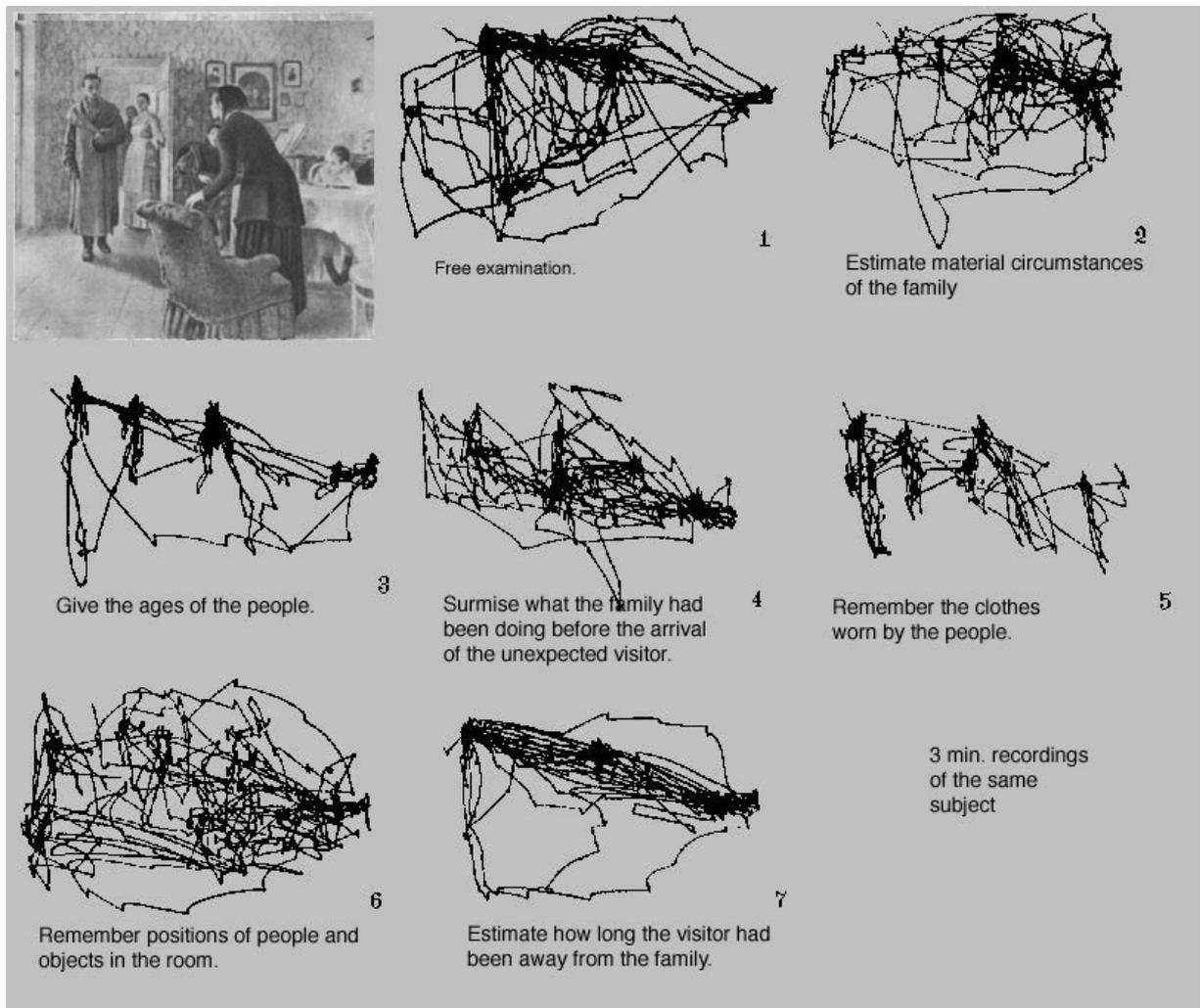


Fonte: Yarbus, 1967

Os primeiros estudos sobre o rastreamento ocular em jogos de xadrez revisitaram as bases da psicologia cognitiva, já lançadas naquela época. O rastreamento ocular surgiu, portanto, como uma nova ferramenta tanto para responder questões pendentes, como para comprovar evidências já discutidas em pesquisas até então.

Em 1966, Tikhomirov et al. (TIKHOMIROV; POZNYANSKAYA, 1966) conduziram estudos com rastreamento dos movimentos oculares em tarefas para encontrar a melhor jogada. Neste estudo, percebeu-se que os movimentos oculares não apresentavam o padrão de busca em uma árvore de possibilidades. Ainda assim, os movimentos não eram aleatórios, as fixações ocorriam, principalmente, em peças mais importantes para a posição atual (conhecidas por peças salientes). Foram analisados os movimentos oculares até 5 segundos após apresentado o problema. Observou-se uma média de 20 fixações (momento de inércia do olhar em uma

Figura 4 – Padrões dos movimentos oculares, em suas respectivas tarefas.



Fonte: Yarbus, 1967

determinada região), perfazendo 4 fixações por segundo, em média. Percebeu-se, também, um grande número de sacadas entre duas peças que formavam alguma relação (peça atacante e seu alvo, peça oferecendo proteção e protegida, por exemplo).

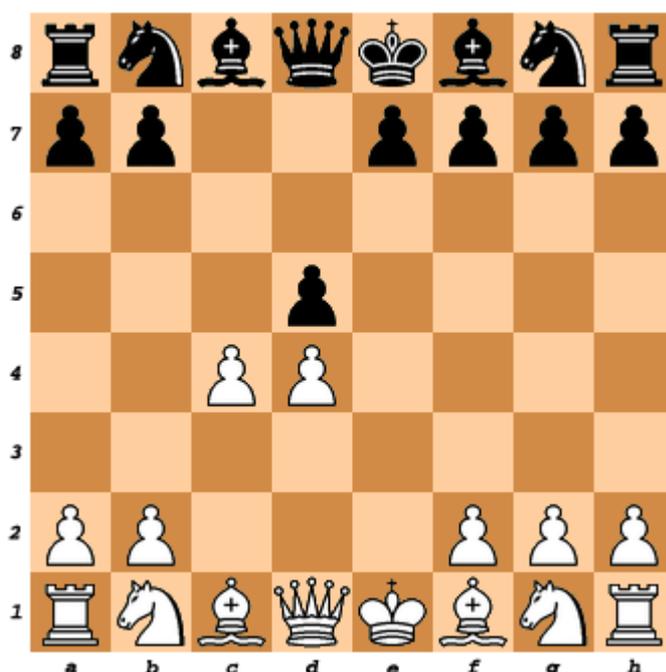
Em um dos primeiros estudos envolvendo rastreamento ocular, Winikoff (WINIKOFF, 1967) procurou entender como um jogador olha para o tabuleiro e como o compreende. Este estudo apontou que ao fixar o olhar em uma peça o jogador já consegue perceber as demais ao seu redor.

Jongman, um aluno de Adriaan de Groot (mestre enxadrista e psicólogo que conduziu alguns dos experimentos mais citados, envolvendo xadrez), concluiu, em sua tese de doutorado (JONGMAN, 1968), que as posições no xadrez são bastante redundantes (75% de redundância). Desta forma, os grandes mestres não enxergam peças desconexas, mas sim o seu significado.

Observa-se, na Figura 5, um exemplo: ao invés de enxergar o posicionamento dos peões, um jogador experiente enxerga um ataque denominado de 'Panov' sobre a defesa denominada de 'Caro-Kann' (KARPOV; PODGAETS; ADAMS, 2006).

Em sua tese, Jongman realizou um experimento com mestres enxadristas, usando o rastreamento ocular, cuja tarefa era descrever um tabuleiro depois de uma rápida exposição de 5 segundos. As posições descritas pelos voluntários estavam alinhadas aos movimentos oculares feitos por eles. Ele também afirmou que novatos e mestres enxergam posições realmente distintas. Um mestre rapidamente fixa o olhar em posições importantes.

Figura 5 – Ataque Panov e defesa Caro Kann.



Fonte: Autor, 2016

Apesar de se encontrar alguns relatos de estudos envolvendo xadrez e rastreamento ocular, como registrado na Figura 6, percebe-se um hiato de publicações relevantes entre as décadas de 70 e 90. No entanto, após a publicação de um livro de De Groot et al. (GROOT; GOBET; JONGMAN, 1996) essa área ganhou novo fôlego, o que renovou o interesse por esse meio de investigações.

Em outras áreas, o uso do rastreamento ocular continuou gerando importante contribuições, como nos trabalhos de Just e Carpenter (JUST; CARPENTER, 1980) ou Carrithers e Bever (CARRITHERS; BEVER, 1984), que teorizaram sobre leitura e compreensão da linguagem, respectivamente.

Figura 6 – Experimentos com rastreamento ocular, grandes mestres Andras Adorjan e Helmut Pfleger na década de 80.



Fonte: CHESSBASE, 2006

Em 2000, Gobet et al. (GOBET; SIMON, 2000) estimaram que existem, na memória de um grande mestre, até 300.000 micropadrões armazenados, se alinhando com os achados de Chase & Simon (CHASE; SIMON, 1973) e De Groot (GROOT; GOBET; JONGMAN, 1996), onde afirmaram que a percepção visual das peças ocorre em pedaços (*chunking*) e de acordo com padrões previamente conhecidos. Desta forma, um novato tende a decorar as peças individualmente, enquanto que um mestre enxadrista codifica os padrões conhecidos.

Em 2001, Reingold et al. (REINGOLD et al., 2001) revisitaram hipóteses anteriores sobre percepção e raio de visão. Os resultados mostraram que os jogadores experientes possuem um desempenho significativamente superior em tarefas relacionadas ao xadrez, porém apresentam desempenhos similares em tarefas não relacionadas ao xadrez.

É nesta mesma época que começam a surgir equipamentos computadorizados de alta precisão, como demonstrado na Figura 7, e a análise dos movimentos oculares inaugura um novo momento nas investigações científicas. Com ferramentas mais precisas, novas variáveis são analisadas, tais como: tempo de resposta, tempo de fixação, número de fixações, amplitude das sacadas e fixação em espaços vazios.

Usando essas variáveis, Charness et al. (CHARNESS et al., 2001) revisitaram as hipóteses definidas até então, encontrando novas evidências para suportá-las cientificamente, como, por exemplo, a hipótese de que a compreensão do tabuleiro ocorre de maneira paralela, hipótese também citada nos trabalhos de Reingold (REINGOLD et al., 2001) e (REINGOLD; CHARNESS, 2005).

Figura 7 – Dispositivos de rastreamento ocular moderno.



Fonte: WHITMAN COLLEGE, 2012 e OBJECTIVE EXPERIENCE, 2015 respectivamente.

Em 2005, Morimoto & Mimica (MORIMOTO; MIMICA, 2005) revisaram os avanços nas tecnologias de rastreamento de movimentos oculares e discutiram questões de usabilidade e algumas limitações dos equipamentos desta época.

Campitelli et al. (CAMPITELLI et al., 2007) compararam a habilidade de jogadores experientes e novatos em tarefas de memorização. Foi solicitado aos participantes que reproduzissem mentalmente uma sequência de movimentos em um tabuleiro com peças de xadrez e em outro com figuras geométricas sem qualquer relação com o jogo do xadrez. Constatou-se que o desempenho dos especialistas foi superior no tabuleiro com peças de xadrez, mas foi equivalente com figuras arbitrárias, demonstrando novamente que a capacidade de memorização superior de um mestre enxadrista é limitada ao contexto do xadrez.

Um dos grandes interesses dos pesquisadores está na diferenciação entre os movimentos oculares de novatos e especialistas de um determinado domínio, base dos trabalhos de Sheridan & Reingold (SHERIDAN; REINGOLD, 2014), Hermens et al. (HERMENS; FLIN; AHMED, 2013) e Wang et al. (WANG et al., 2016). Em 2011, Reingold & Sheridan (REINGOLD; SHERIDAN, 2011) analisaram diversos trabalhos que versaram sobre a expertise visual nos domínios do xadrez e da medicina, mais uma vez salientando a capacidade superior dos especialistas em interpretar uma imagem do seu domínio de atuação.

Mais recentemente, tanto Bilalić et al. (BILALIĆ; MCLEOD; GOBET, 2008; BILALIĆ; MCLEOD; GOBET, 2008) quanto Sheridan & Reingold (SHERIDAN; REINGOLD, 2013) investigaram, através do xadrez e do rastreamento dos movimentos oculares, os mecanismos de um importante fenômeno psicológico, onde o conhecimento prévio impede o indivíduo de fazer a melhor escolha, conhecido na literatura como efeito *Einstellung*.

O rastreamento ocular tem sido empregado no auxílio da busca pelas mais variadas respostas. Em 2014, Hristova et al. (HRISTOVA; GUID; BRATKO, 2014) tentaram encontrar evidências para a hipótese de que existe uma correlação entre a capacidade de avaliar o grau de dificuldade de um problema e a classificação ELO (ELO, 1978) do jogador.

2.2 OUTRO SINAIS E TÉCNICAS

Outros sinais biofísicos também despertaram o interesse dos pesquisadores. Dentre eles pode-se destacar a eletroencefalografia (EEG), que é o estudo de correntes elétricas geradas no encéfalo e obtidas através de eletrodos distribuídos através do couro cabeludo. O uso do EEG combinado com xadrez tem sido empregado tanto para diagnósticos de epilepsias (REY et al., 1996) e (MANN et al., 2004), quanto para melhor compreensão do funcionamento do cérebro em atividades cognitivas (GRABNER; NEUBAUER; STERN, 2006) e (ROCHA et al., 2016).

Em 2002, Volke et al. (VOLKE et al., 2002) demonstraram que uma alta integração funcional das áreas do córtex cerebral está relacionada à experiência de um indivíduo dada a tarefa, em concordância com o estudo realizado por Amidzic et al. (AMIDZIC et al., 2001) que indicou que um jogador experiente possui uma ativação cerebral mais extensa do que jogadores novatos.

Grabner et al. (GRABNER; NEUBAUER; STERN, 2006) combinaram EEG com xadrez a fim de investigar a eficiência neural em função da experiência e da inteligência (Quociente de Inteligência) e constatou, através dos padrões de ativação das áreas do cérebro, que existe uma maior eficiência neural. Mais recentemente, Rocha et al. (ROCHA et al., 2016) compararam as áreas cerebrais ativadas de jogadores experientes e novatos.

Não é somente a academia que tem usado o EEG e o xadrez como propósito de investigação dos processos cognitivos. Em 2010, o grande mestre de xadrez Simon Williams (27º no ranking inglês com 2434 pontos no rating ELO (ELO, 1978)) participou de um programa televisivo, com foco em ciência, onde o Dr. Amidzic utilizou os dados dos sinais de EEG para analisar o estilo de jogo do Simon. Na Figura 8, é possível observar a realização desse experimento.

Segundo a análise do Dr. Amidzic, Simon não possui muitas ativações nas áreas frontais e pré-frontais, porém há grande atividade no lobo temporal e imensa ativação no lobo occipital. Esses padrões de ativação, segundo o Dr. Amidzic, indicam que Simon tem um déficit na compreensão de estratégias complexas e posições complexas de jogo. Por outro lado, o padrão de atividade cerebral dele indica que Simon possui grande habilidade tática.

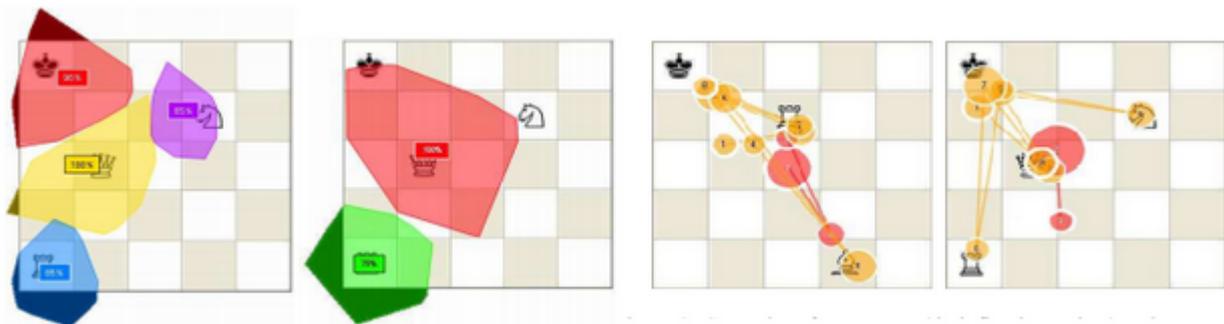
Figura 8 – Análise de EEG do jogador Simon Williams durante uma partida de xadrez.



Fonte: SIMON WILLIAMS, 2010

Com a evolução dos computadores e *softwares*, a partir principalmente da virada do milênio, novas formas de analisar e comunicar os dados têm sido experimentadas, como na Figura 9, descrita nos achados de Blignaut et al. (BLIGNAUT; BEELDERS; SO, 2008). Percebe-se, assim, uma tendência cada vez mais forte de utilização de novas técnicas de visualização de dados, tanto para análise quanto para a comunicação dos achados, onde dados tabulares dão espaço para mapas de atenção e sequências de fixação, entre outras técnicas de visualização.

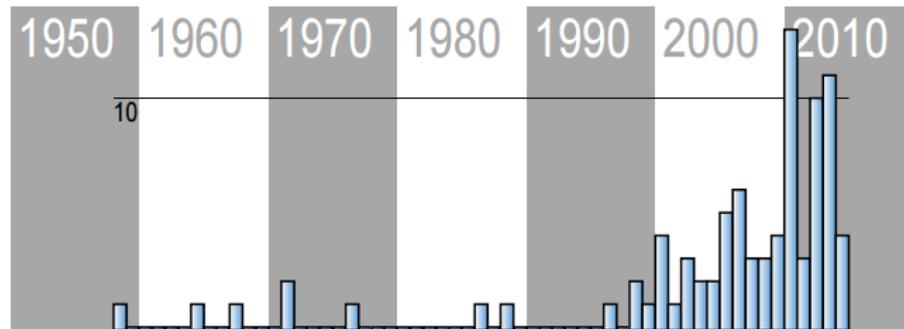
Figura 9 – Nas duas imagens à esquerda um mapa segmentado de fixações, e nas duas imagens à direita um mapa comparativo de fixações entre um jogador experiente (em vermelho) e um jogador novato (marcações amarelas).



Fonte: (BLIGNAUT; BEELDERS; SO, 2008)

Em trabalho recente, Blascheck et al. (BLASCHECK et al., 2014) analisaram as principais técnicas para visualização de dados de rastreamento do movimento ocular. O interesse por tais técnicas fica evidente através das informações apresentadas na Figura 10, que mostra o volume de trabalhos científicos relacionados ao tema ao longo das décadas.

Figura 10 – Histograma das publicações relacionadas com rastreamento ocular e visualização de dados.



Fonte: Blascheck et al., 2014

2.3 CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

Conforme exposto brevemente nesta revisão, constata-se que os avanços tecnológicos relacionados ao processamento de sinais ampliaram consideravelmente as possibilidades de investigações científicas utilizando o xadrez. Sensores como os de rastreamento do movimento ocular e a eletroencefalografia oferecem uma vasta possibilidade de aquisição de dados, que podem ser processados, relacionados e traduzidos em informações relevantes para as mais diversas áreas do conhecimento.

A Ciência de Dados (*Data Science*) será chave para os futuros trabalhos que utilizam o processamento de sinais na investigação científica, pois as técnicas de Visualização de Dados (*Data Visualization*) são cruciais para que os sinais processados nos experimentos sejam convertidas em representações gráficas claras e com significado, capazes de auxiliar os pesquisadores a analisar e interpretar as informações coletadas.

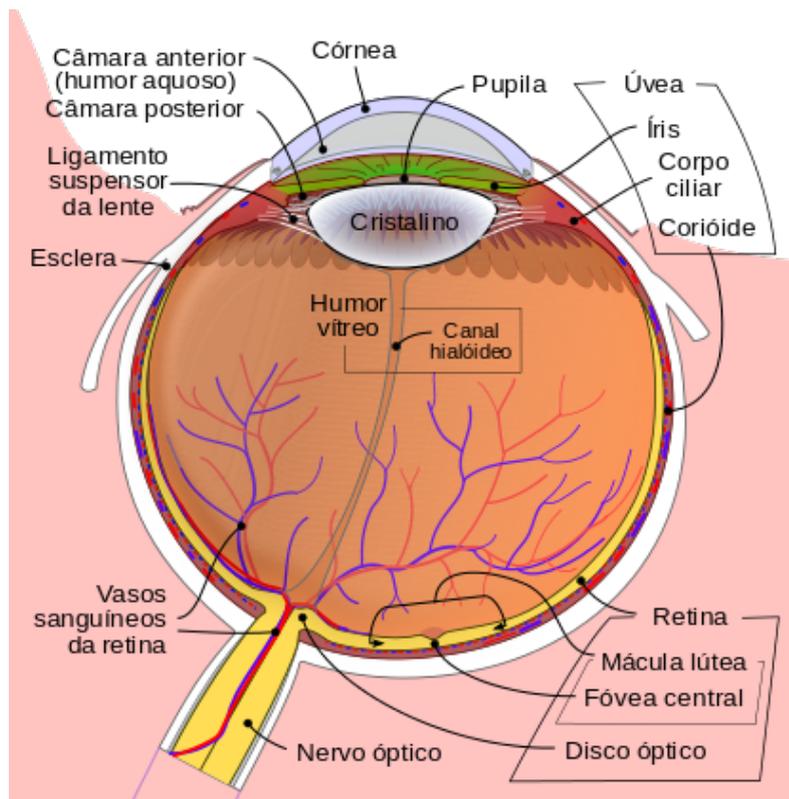
3 RASTREAMENTO OCULAR

Neste capítulo será descrito o funcionamento dos sistemas de rastreamento ocular (*hardware* e *software*). De um modo geral, os dispositivos de rastreamento ocular se dividem em duas modalidades: rastreador de posição ocular e rastreador de ponto observado no espaço. Ambos possuem aplicações e objetivos bastante distintos, conforme poderá ser visto a seguir.

3.1 O OLHO HUMANO

Antes de se detalhar o funcionamento de um dispositivo de rastreamento ocular é importante descrever os principais componentes e os mecanismos de funcionamento do olho humano.

Figura 11 – Principais estruturas do olho humano.



Fonte: WIKIPEDIA, 2007

Como visto na Figura 11, as principais estruturas do olho humano são (DUCHOWSKI, 2007; HOLMQVIST et al., 2011):

- a) córnea;

- b) íris;
- c) cristalino;
- d) retina;
- e) nervo ótico.

A córnea é um tecido transparente que se situa na camada mais externa dos olhos. Ela atua como uma lente, protegendo as estruturas anteriores e auxiliando no foco da luz. A perda da transparência (opacificação da córnea) e alteração na sua curvatura podem prejudicar a visão.

A íris é uma membrana circular onde fica o colorido dos olhos. No seu centro existe um orifício chamado de pupila. É pela pupila que passa toda a luz que enxergamos, e a íris exerce o papel similar ao do diafragma das câmeras fotográficas, controlando a abertura da pupila, a fim de regular a quantidade de luz que entrará por ela.

O cristalino é uma estrutura biconvexa, gelatinosa e transparente. Ele funciona como uma lente que permite melhorar o foco para visão de objetos próximos ou distantes. Através de um processo chamado de acomodação, os músculos ciliares deixam o cristalino menos côncavo ou convexo.

A retina é a camada interna do olho, nela estão as células sensíveis à luz, conhecidas por cones (responsáveis pela visão a cores) e bastonetes (responsáveis por visão em preto e branco e visão noturna).

O nervo ótico é um grupo de fibras nervosas, que transmitem as informações captadas pelas células fotossensíveis ao córtex cerebral.

3.2 DISPOSITIVOS DE RASTREAMENTO DO MOVIMENTO OCULAR

Nesta seção serão apresentados os principais dispositivos de rastreamento ocular. Serão descritos brevemente as suas categorias e os seus métodos de operação.

3.2.1 Rastreador de posição ocular

Este modal tem por objetivo, tão somente, identificar a posição do globo ocular do indivíduo, em relação a cavidade ocular do mesmo. Não levando em consideração os movimentos da cabeça, nem o mundo à sua volta. Desta forma, portanto, este tipo de dispositivo só é capaz de indicar a direção do olhar do indivíduo, não sendo possível indicar diretamente o local que

estava sendo observado (muito embora seja possível acoplar uma câmera junto ao dispositivo, a fim de identificar o ponto observado).

Figura 12 – Dispositivo de rastreamento ocular portátil.



Fonte: ACUITY ETS, 2011

Nesta modalidade, os dispositivos são, na maioria dos casos, portáteis e acoplados à cabeça do indivíduo. Junto deles, pode haver uma câmera filmadora, com o propósito de associar a direção indicada pelo dispositivo de rastreamento com um ponto no campo de visão do indivíduo (registrado pela câmera). Na Figura 12, tem-se um exemplo de um dispositivo desta modalidade. Este tipo de dispositivo é mais indicado para análises comportamentais em ambientes dinâmicos, conforme imagens exemplificadas nas Figuras 13 e 14, tendo a captura dos movimentos oculares numa partida de futebol e durante a condução de um veículo, respectivamente.

Figura 13 – Imagem de uma partida de futebol capturada por dispositivo portátil, com indicação do ponto de fixação do olhar.



Fonte: YOUTUBE, 2011

Figura 14 – Imagem de um indivíduo conduzindo um automóvel capturada por dispositivo portátil, com indicação do ponto de fixação do olhar.



Fonte: YOUTUBE , 2014

Nesta modalidade de dispositivos, geralmente não é possível efetuar uma análise automatizada dos dados capturados, por se tratar de ambientes altamente dinâmicos. Seria muito difícil garantir que certos referenciais aparecessem na cena, no mesmo momento para diversos indivíduos. Desta forma, pesquisas envolvendo este tipo de dispositivo possuem um caráter mais qualitativo, com uma análise e interpretação manual dos dados obtidos (DUCHOWSKI, 2007).

3.2.2 Rastreador do ponto observado

Nesta modalidade, os dispositivos de rastreamento ocular são capazes de indicar o ponto no espaço onde o olhar do indivíduo está apontando, isto é, ele é capaz de indicar a coordenada para o local observado (2D ou 3D, conforme a aplicação). Para tanto, o dispositivo deverá estar calibrado com certos pontos referenciais limítrofes na superfície onde o estímulo será exibido (geralmente em uma tela de computador) sendo, então, possível calcular as coordenadas onde o olhar estava direcionado. Na Figura 15, há alguns exemplos deste tipo de dispositivo.

Figura 15 – Dispositivo de rastreamento ocular dedicado.



Fonte: CONSORTWORLD, 2013

Nem todos dispositivos desta modalidade são capazes de corrigir eventuais movimentos da cabeça do indivíduo, sendo necessário o uso de apoio de cabeça e pescoço, como o exibido na Figura 16, para garantir melhor precisão na captura.

Esta modalidade de dispositivos é mais indicada para cenários onde os estímulos serão exibidos em uma superfície imóvel e o participante só fará pequenos movimentos durante o teste (este último apenas com dispositivos que permita a correção de movimentos de cabeça).

Como o estímulo se dá em uma superfície estática, é possível comparar os movimentos de diferenças participantes de uma pesquisa com base em um mesmo referencial, e de maneira automatizada.

Figura 16 – Apoio de cabeça.



Fonte: Ferhat, Vilarino e Sánchez, 2014

Além dessas modalidades de dispositivos, também existe a metodologia de medição do posicionamento ocular. Estas se dividem em três categorias:

- a) eletro-oculografia (EOG);
- b) lente escleral com sensor indutivo;
- c) video-oculografia.

3.2.3 Eletro-oculografia

A eletro-oculografia, que já foi a metodologia mais empregada para rastreamento ocular no passado, calcula a medida da diferença de potenciais elétricos na pele do indivíduo através de eletrodos posicionados ao redor dos seus olhos, conforme exibido na Figura 17.

Figura 17 – Sensores de Eletro-oculografia.



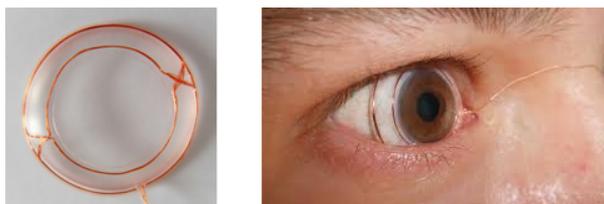
Fonte: METROVISION, 2016

Esta técnica só é capaz de medir o movimento do olhar em relação à cabeça, não sendo possível indicar um ponto observado, sem um aparato adicional.

3.2.4 Lente escleral com sensor indutivo

A lente escleral é uma lente de contato maior do que as convencionais. Ela abrange boa parte, quando não toda, da esclera do olho (parte branca). Os dispositivos deste tipo possuem um fio indutor, que através de um campo magnético permite uma leitura precisa sobre os movimentos oculares. Na Figura 18, é possível ver uma lente escleral e sua devida colocação.

Figura 18 – À esquerda uma lente escleral com sensor indutivo e à direita a lente colocada nos olhos de um indivíduo.



Fonte: Gaur e Jariwala, 2014

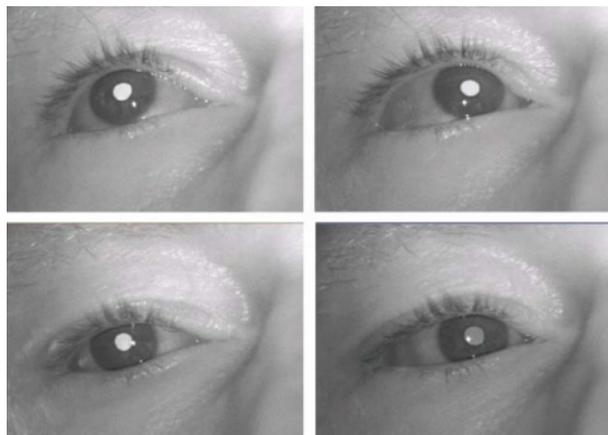
Este método de medição é considerado o mais preciso para captura dos movimentos oculares. E esta categoria também já foi utilizada com outros mecanismos de medição além do sensor indutivo, como descrito na revisão bibliográfica deste trabalho, onde o pesquisador Edmund Huey (HUEY, 1908) adicionou uma haste de metal em uma lente, para efetuar uma detecção dos movimentos oculares.

3.2.5 Video-oculografia

Nesta categoria de dispositivos de rastreamento ocular, uma câmera de vídeo é utilizada para identificar os movimentos de rotação dos olhos, a partir de certos elementos identificados nos olhos. Nesta modalidade, existem dispositivos mais modestos, como uma simples webcam (que possui baixa precisão), além de dispositivos mais modernos, que operam por reflexão de córnea e pupila.

A maioria dos dispositivos modernos operam com essa metodologia, somada à reflexão de pupila e córnea. Nesta técnica, uma luz infravermelha (invisível para o olho humano) é emitida em direção ao olho e uma câmera especial consegue captar a reflexão desta luz. A partir da posição destes reflexos e do formato da pupila, é possível estimar tanto o movimento ocular, quanto a posição da cabeça. Na Figura 19, é possível identificar um ponto de luz menor refletida, além do reflexo da luz na pupila.

Figura 19 – Reflexo de luz no olho em diferentes direções.



Fonte: Gaur e Jariwala, 2014

A partir de uma calibragem, é possível extrair destes artefatos a direção do olhar com um ponto observado pelo indivíduo em um plano estático.

3.3 TERMINOLOGIAS

Nas sub-seções seguintes serão descritas brevemente as principais terminologias relacionadas ao rastreamento do movimento ocular, que serão exploradas neste trabalho.

3.3.1 Sacada

Uma sacada é um movimento rápido que o olho faz para reposicionar a fóvea em uma nova posição. Este movimento é caracterizado como balístico (CARPENTER, 1988), isto é, uma vez iniciado não pode ser interrompido.

3.3.2 Fixação

Fixações são movimentos que têm por finalidade estabilizar a retina em um objeto estacionário. Durante uma fixação podem ocorrer tremores e microssadas, consideradas meros ruídos no sinal.

3.3.3 Perseguição suave

A perseguição suave é um tipo de movimento onde os olhos perseguem um objeto em movimento. Em certas condições, os olhos são capazes de emparelhar com a velocidade do objeto observado.

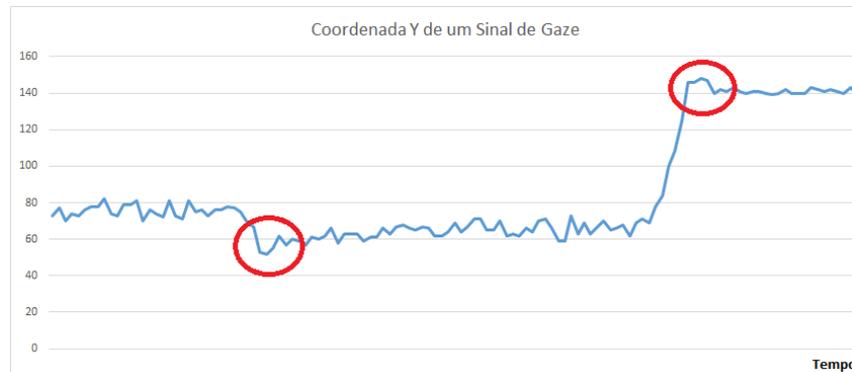
3.3.4 Nistagmo

Nistagmo são movimentos involuntários inversos ao movimento feito pela cabeça, tendo por objetivo estabilizar a visão no objeto em foco.

3.3.5 Glissadas

Em geral, após uma sacada, a fóvea não fica exatamente na posição desejada, então, ocorrem algumas microssacadas, chamadas de glissadas (do termo *Glissade* em francês), para garantir que o posicionamento seja o correto. Na Figura 20, têm-se dois exemplos deste evento detectados nos dados adquiridos durante a realização dos experimentos deste trabalho.

Figura 20 – Glissadas, no destaque em vermelho.



Fonte: Autor, 2016

Por se tratar de evento muito sutil, a filtragem de ruído costuma remover estes eventos.

3.4 CONSIDERAÇÕES COMPLEMENTARES

A partir do exposto neste capítulo, foi possível compreender os principais métodos e dispositivos para captura dos movimentos oculares. Também foi possível conhecer brevemente os cenários nos quais cada um destes dispositivos é utilizado.

Os dispositivos portáteis são indicados para os experimentos nos quais o indivíduo está em movimento, como em um jogo de futebol ou no trânsito, conforme exemplificado anteriormente. Em experimentos nos quais o participante está parado, como no caso do xadrez, as opções mais adequadas seriam a **video-oculografia** e a **lente escleral com sensor indutivo**.

Muito embora a lente escleral com sensor indutivo tenha precisão maior que a video-oculografia, esta última é menos invasiva e causa menos desconforto no voluntário.

O equipamento utilizado nos experimentos deste trabalho utiliza a video-oculografia como método de rastreamento ocular.

4 CHESSLAB: FERRAMENTA COMPUTACIONAL

Para atingir um conhecimento mais aprofundado das técnicas de aquisição e processamento de sinais, como foi descrito nos objetivos deste trabalho, optou-se por desenvolver uma ferramenta computacional específica para a realização dos experimentos, que foi chamada de CHESSLAB (CESAR; ROCHA; THOMAZ, 2015). Muito embora existam opções de ferramentas gratuitas como *PsychoPy* (PEIRCE, 2007), *Psychtoolbox for MATLAB* (BRAINARD, 1997) e *PyGaze* (DALMAIJER; MATHÔT; STIGCHEL, 2014), que possibilitariam a execução dos experimentos apresentados neste trabalho, a utilização de soluções prontas não possibilitaria o estudo e o registro das técnicas e métodos utilizados neste campo e não traria a compreensão suficiente para trabalhos futuros em processamento de sinais aplicado ao xadrez.

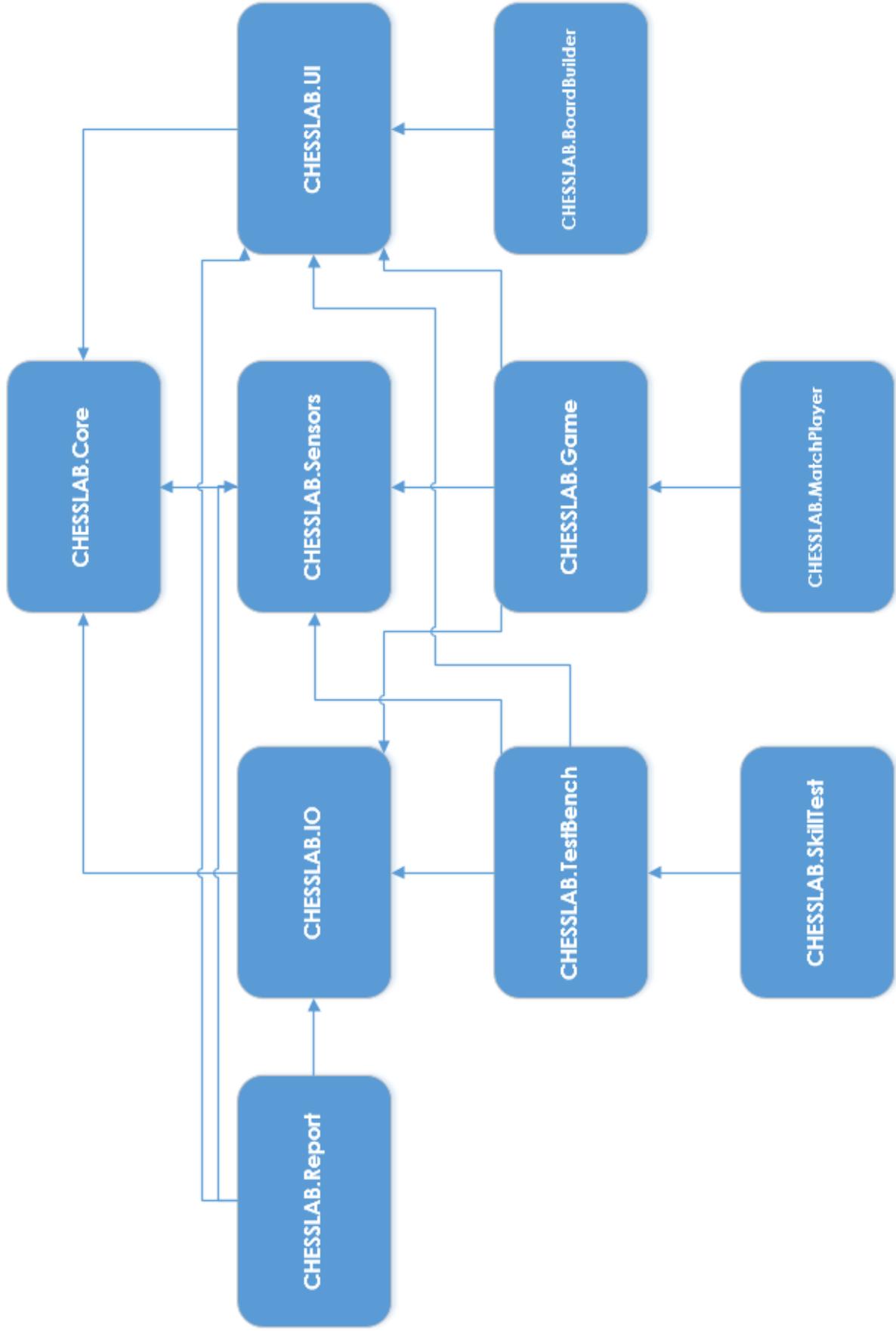
4.1 ARQUITETURA

A fim de garantir maior reutilização e facilitar sua evolução, o CHESSLAB se divide nos seguintes módulos:

- a) CHESSLAB.Core;
- b) CHESSLAB.IO;
- c) CHESSLAB.Sensors;
- d) CHESSLAB.UI;
- e) CHESSLAB.SkillTest;
- f) CHESSLAB.Processing.

O CHESSLAB foi construído como um sistema modular, com diversos blocos que se interligam. Dessa forma, diversas implementações puderam ser compartilhadas entre os diversos subsistemas. Os módulos "CHESSLAB.Core", "CHESSLAB.IO", "CHESSLAB.Sensors", "CHESSLAB.UI" são compilados como componentes (DLL), enquanto que os módulos "CHESSLAB.SkillTest" e "CHESSLAB.Processing" são aplicações executáveis. A dependência entre os módulos e componentes pode ser vista na Figura 21.

Figura 21 – Diagrama de componentes.



4.1.0.1 *CHESSLAB.Core*

Neste módulo, encontra-se a implementação de todos os componentes básicos. É nele que estão todas as regras do xadrez e componentes elementares, que são compartilhados pelos demais módulos. Através destes componentes, é facilitado o desenvolvimento de novas funcionalidades.

4.1.0.2 *CHESSLAB.IO*

Neste módulo, estão implementados os componentes para leitura e gravação de dados. É através destes componentes que é gravada uma partida, ou teste, em disco. Também oferece os recursos necessários para a transmissão em tempo real de uma partida, para acompanhamento de um espectador, funcionalidade não explorada neste trabalho.

Toda partida ou teste tem suas informações gravadas em um arquivo com a extensão ".chess". Esse arquivo tem um formato binário, onde uma sequência de ações é gravada.

4.1.0.3 *CHESSLAB.Sensors*

Dada a necessidade de combinar sinais biofísicos com as pesquisas envolvendo o jogo de xadrez, esse módulo foi desenvolvido com um modelo de sensores acoplados para que a coleta desses sinais possa ser facilmente combinada aos experimentos, eliminando a necessidade de qualquer tipo de sincronização posterior.

São suportados dois tipos de sensores: ativo e passivo. Em um sensor ativo, os dados fluem do sensor para a aplicação, enquanto que, em um sensor passivo, é a aplicação responsável por consultar o valor presente no sensor.

Um dispositivo de rastreamento ocular, por exemplo, pode ser implementado como um sensor ativo, pois o dispositivo envia para a aplicação a coordenada para onde o participante fixou o olhar. Já um sensor para rastrear a localização do ponteiro do mouse, por sua vez, seria implementado como um sensor passivo, pois a aplicação teria que verificar essa informação, com uma taxa de amostragem configurada.

4.1.0.4 *CHESSLAB.UI*

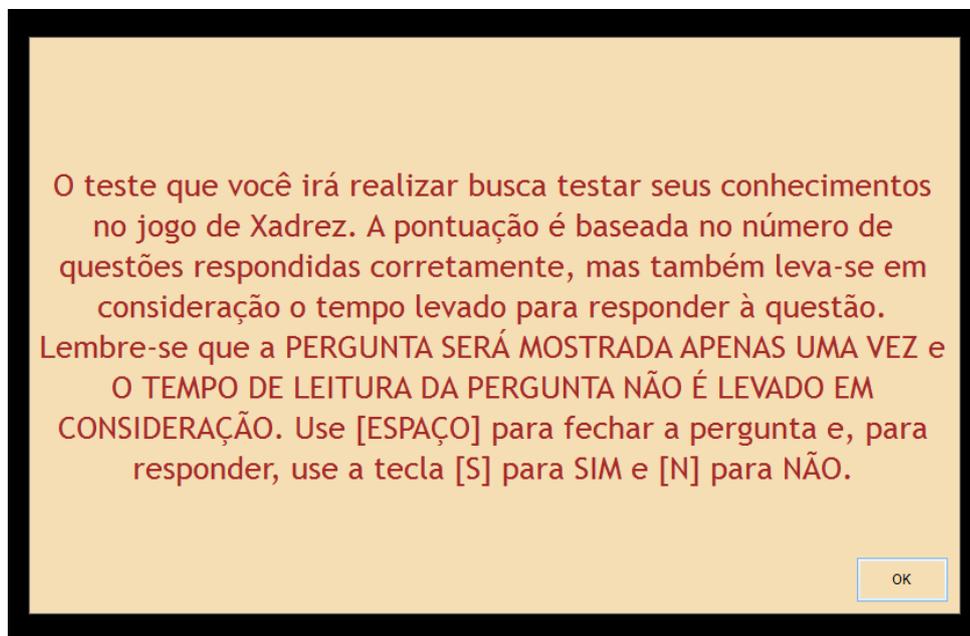
Neste módulo, foram implementados os componentes visuais utilizados, tais como: tabuleiro, peças e caixas de mensagens. O reaproveitamento destes componentes facilita o desenvolvimento de novas aplicações derivadas, além de manter a padronização visual nas aplicações presentes no CHESSLAB.

4.1.0.5 *CHESSLAB.SkillTest*

Neste módulo, foi implementado o teste de proficiência que será descrito posteriormente na seção 5.3.1. Ele disponibiliza visualmente os componentes para realização do teste de proficiência, conforme a metodologia exposta na referida seção.

Ao início do teste, é exibida uma mensagem, centralizada na tela, com as instruções, conforme apresentado na Figura 22.

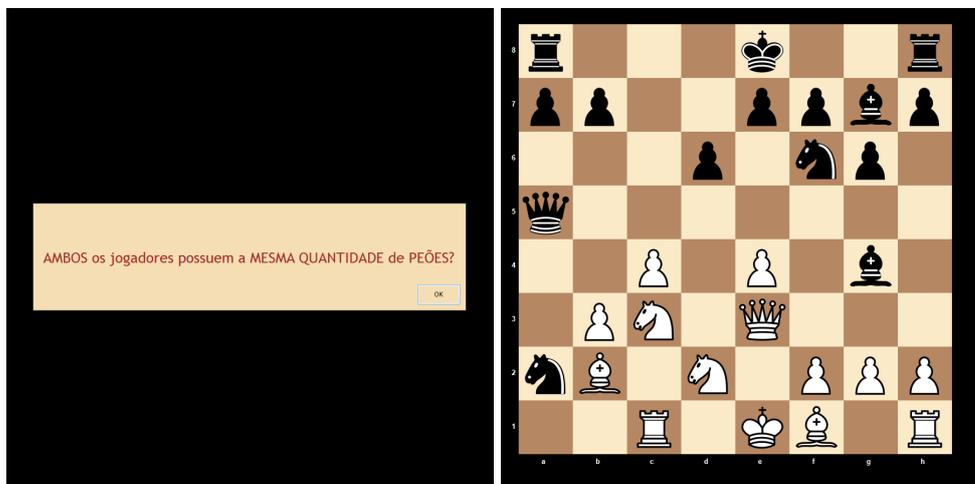
Figura 22 – Instruções do teste de proficiência.



Fonte: Autor, 2016

Após prosseguir, são apresentadas 51 perguntas, em sequência, com seus respectivos tabuleiros, para que o participante possa responder à alternativa que julgue ser a correta. Essas duas telas podem ser observadas na Figura 23.

Figura 23 – Telas da questão e seu respectivo tabuleiro.



Fonte: Autor, 2016

4.1.0.6 *CHESSLAB.Processing*

Neste componente foram implementados os algoritmos que serão descritos posteriormente na seção 5.3, tanto os algoritmos de pré-processamento (filtros) como os algoritmos de detecção de fixações e geração de mapas de atenção visual.

4.2 LINGUAGEM E FERRAMENTAS

Foi utilizada a linguagem C# com o Visual Studio 2015 como ferramenta de desenvolvimento. Foram seguidos os paradigmas da Orientação a Objetos. O C# é uma linguagem multiparadigmática, o que traz grande facilidade ao desenvolvedor, além da sua portabilidade para sistemas operacionais Windows, Linux e Mac OSX.

Muito embora o C# suporte distintas plataformas, o escopo deste trabalho está limitado ao ambiente Windows.

4.3 INTERFACE

A fim de garantir o mínimo de interferência possível, a aplicação é apresentada em tela cheia e não traz quaisquer outros elementos além do próprio tabuleiro, ao contrário das aplicações tradicionais de jogos de xadrez, onde a exibição de tabela com o histórico das jogadas

e um relógio são comuns. Na Figura 24, é possível observar a imagem que é apresentada ao participante do experimento.

Figura 24 – Teste em tela cheia.



Fonte: Autor, 2016

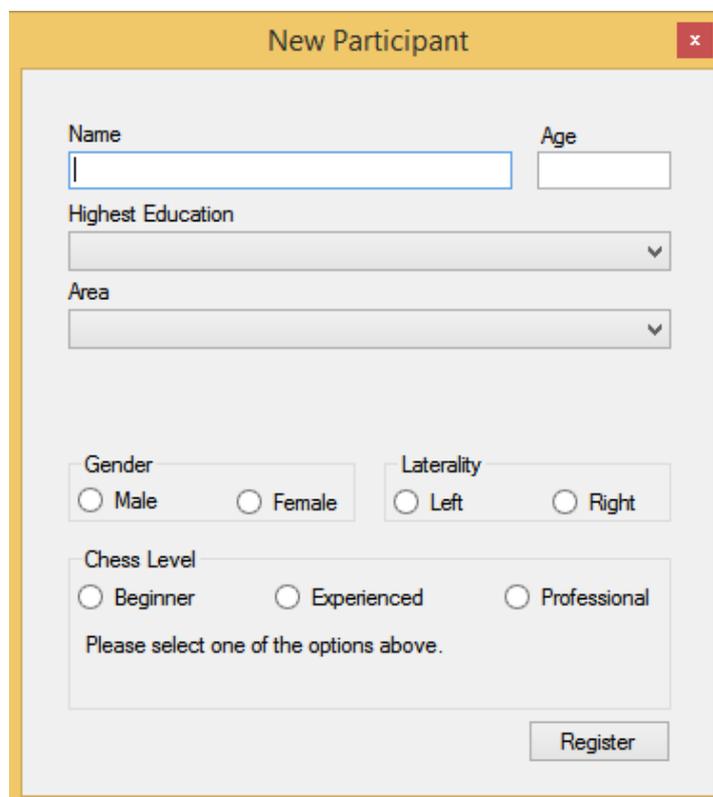
Essa representação gráfica minimalista se faz necessária, pois um dos principais objetivos desta aplicação é a captura de sinais biofísicos, tais como de rastreamento ocular e eletroencefalografia. Nestes casos, qualquer distração introduziria um ruído na captura dificultando, assim, a correta interpretação dos dados coletados.

4.4 CADASTRO DE PARTICIPANTES

Os módulos que compõem esta ferramenta permitem o cadastro de participantes, conforme mostra a Figura 25. Este cadastro alimenta uma base de dados de participantes do experimento e contém as seguintes informações:

- a) Nome
- b) Idade
- c) Nível de escolaridade
- d) Área de estudo
- e) Sexo
- f) Lateralidade (destro ou canhoto)
- g) Autoavaliação da proficiência percebida (iniciante, experiente ou profissional)

Figura 25 – Tela de Cadastro de Participante.



The image shows a software window titled "New Participant" with a close button in the top right corner. The form contains the following fields and options:

- Name:** A text input field.
- Age:** A text input field.
- Highest Education:** A dropdown menu.
- Area:** A dropdown menu.
- Gender:** Radio buttons for "Male" and "Female".
- Laterality:** Radio buttons for "Left" and "Right".
- Chess Level:** Radio buttons for "Beginner", "Experienced", and "Professional".
- Instructions:** The text "Please select one of the options above." is displayed below the radio buttons.
- Register:** A button at the bottom right of the form.

Este cadastro permite a exportação de dados de maneira segmentada, pois o pesquisador poderá escolher quais critérios ele deseja empregar na hora de extrair as informações ou gerar as análises.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão descritos os materiais e métodos empregados no experimento realizado.

5.1 PARTICIPANTES

Ao todo, 34 indivíduos, sendo 5 mulheres e 29 homens, com idades entre 8 e 51 anos, foram voluntários. A maioria dos indivíduos é destra, sendo apenas 5 deles canhotos. A média das idades é de 20 anos, porém 21 indivíduos possuíam 12 anos ou menos. Destes, 6 indivíduos jogam profissionalmente e possuem pontuação no sistema de classificação ELO (ELO, 1978). Dentre os demais, 14 afirmaram jogar com bastante frequência, enquanto que os outros 14 disseram conhecer as regras, mas possuem pouca experiência com o jogo.

5.1.1 Resultados Descartados

Os testes de 5 participantes foram descartados por causa da baixa qualidade na captura dos movimentos oculares. Definir a qualidade de uma captura de movimentos oculares representa um grande desafio e inexistem padrões bem definidos para este fim (HOLMQVIST; NYSTRÖM; MULVEY, 2012).

Desta forma, para este trabalho, a qualidade da captura foi definida pelo percentual médio de amostragens disponíveis para cada questão apresentada. Foram descartados os testes que apresentaram taxa inferior a 50% de amostragens disponíveis, no limite inferior do desvio padrão. As médias podem ser observadas na Figura 26.

A eventual ausência de amostras não representa, necessariamente, um problema de aquisição para o experimento. Foram percebidos, por exemplo, alguns casos onde o participante desviava o olhar da tela no momento em que iria digitar a sua resposta (apertando a tecla "S" ou "N", conforme a resposta). Esse comportamento não compromete a qualidade da captura uma vez que já se tem os dados dos movimentos oculares até o momento da decisão sobre a resposta.

Figura 26 – Tabela com a qualidade das amostras.

| Part. | Média | Desv. Pad. | Resultado |
|-------|-------|------------|-----------|
| 2 | 96.1 | 8.2 | ✓ |
| 3 | 69.0 | 11.1 | ✓ |
| 4 | 64.1 | 12.0 | ✓ |
| 5 | 69.4 | 13.8 | ✓ |
| 10 | 96.5 | 4.3 | ✓ |
| 30 | 95.7 | 6.1 | ✓ |
| 20 | 83.7 | 11.9 | ✓ |
| 23 | 92.7 | 7.1 | ✓ |
| 1 | 97.1 | 3.5 | ✓ |
| 16 | 84.4 | 17.8 | ✓ |
| 27 | 82.5 | 9.3 | ✓ |
| 26 | 86.2 | 6.6 | ✓ |
| 22 | 78.2 | 13.1 | ✓ |
| 25 | 91.7 | 6.9 | ✓ |
| 8 | 76.7 | 18.2 | ✓ |
| 28 | 65.0 | 20.8 | ✗ |
| 24 | 82.8 | 17.6 | ✓ |
| 6 | 94.6 | 8.4 | ✓ |
| 13 | 94.4 | 5.2 | ✓ |
| 12 | 90.6 | 17.0 | ✓ |
| 29 | 96.9 | 9.8 | ✓ |
| 9 | 89.7 | 13.0 | ✓ |
| 14 | 58.9 | 33.1 | ✗ |
| 34 | 96.5 | 6.5 | ✓ |
| 21 | 91.9 | 6.0 | ✓ |
| 32 | 92.5 | 21.2 | ✓ |
| 19 | 77.5 | 10.4 | ✓ |
| 17 | 47.2 | 22.0 | ✗ |
| 7 | 11.3 | 25.4 | ✗ |
| 15 | 74.2 | 16.5 | ✓ |
| 11 | 84.4 | 6.1 | ✓ |
| 31 | 29.3 | 26.3 | ✗ |
| 18 | 87.3 | 8.6 | ✓ |
| 33 | 96.6 | 4.7 | ✓ |

Fonte: Autor, 2016

5.1.2 Avaliação dos Participantes

Os participantes foram questionados sobre o nível percebido para seus conhecimentos em xadrez. As opções eram: "Iniciante", "Experiente" e "Profissional". Sendo explicado que

"iniciante" era aquele com contatos iniciais em xadrez; "experiente" aquele que já teve um bom contato, mas cuja prática fosse ocasional; enquanto que "profissional" seria aquele com contato quase diário com o jogo.

A taxa de acertos das 51 questões variou de 68% a 98%, e o tempo para término do teste variou entre 05m31s e 25m29s. A lateralidade e o gênero dos participantes não apresentaram uma quantidade de amostras suficiente para que fosse possível qualquer análise em cima dessas características. Os participantes selecionados são, em sua maioria, destros e do sexo masculino, conforme já mencionado.

5.2 QUESTÕES DE XADREZ E EQUIPAMENTOS

Uma série de 51 problemas relacionados ao xadrez, apresentados em um tabuleiro 8x8, com uma variação no número e posicionamento das peças, foi construída conforme o problema definido.

Para o rastreamento ocular, foi utilizado o equipamento **Tobii TX300**, com uma taxa de amostragem de 300Hz e latência menor que 10ms. Para exibição dos problemas e captura dos sinais, foi utilizado um computador notebook com processador Intel Core i7 com 8GB de memória RAM. Todos os participantes tiveram seus olhares calibrados, através de uma ferramenta disponibilizada pelo fabricante do equipamento, antes da atividade.

Para o experimento, foi utilizado o CHESSLAB como ferramenta para elaboração dos testes e aquisição dos dados. Os participantes foram apresentados a uma série de problemas relacionados ao xadrez onde precisavam responder a uma pergunta apresentada previamente. Ao início de cada atividade, o participante foi orientado a olhar para um ponto fixo no centro da tela e acionava a exibição do teste pressionando a tecla "espaço". O participante foi orientado a responder a questão o mais breve possível, devendo apertar a tecla "S" ou "N", conforme a resposta para a questão apresentada.

5.3 MÉTODOS

Nesta seção serão apresentados os métodos empregados na realização do experimento.

5.3.1 Teste de Proficiência

Uma das etapas mais importantes no desenvolvimento de pesquisas envolvendo o xadrez está no recrutamento dos participantes. Comumente, nestas pesquisas, a investigação leva em consideração o nível de proficiência em xadrez do participante, para comparar os resultados em função da experiência do enxadrista.

Um dos sistemas de classificação de enxadristas mais comum é o "ELO" (ELO, 1978). Porém a utilização desse modelo para classificação de proficiência implica em alguns problemas de ordem prática, pois é preciso recorrer a clubes de xadrez para recrutar enxadristas classificados.

Desta forma, como parte deste trabalho, é proposto um teste de proficiência baseado no trabalho de Volke et al. (VOLKE et al., 2002). Este teste consiste em 51 questões relacionadas ao jogo de xadrez, dispostas em 5 categorias distintas, sendo 4 delas propostas por Volke e uma delas proposta por Nichelli (NICHELLI et al., 1994), conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Categorias do questionário de avaliação.

| Categoria | Descrição |
|---------------------------------------|--|
| A. Pattern recognition (Volke) | Reconhecimento de peças e posicionamento |
| B. Rule retrieval (Volke) | Reconhecimento de situações de xeque |
| C. Simple checkmate judgement (Volke) | Reconhecimento de xeque-mate |
| D. Checkmate in one move (Volke) | Possibilidade de xeque-mate em um lance |
| E. Rule Retrieval (Nichelli) | Conhecimento de jogadas e possibilidade de captura |

Fonte: Autor, 2016

As questões apresentadas foram elaboradas com base nos trabalhos dos autores Wilson da Silva (SILVA, 2011), Ludek Pachman (PACHMAN, 1971) e Lázló Polgár (POLGÁR, 1995), tendo seu formato final avaliado pelo Prof. Dr. Wilson da Silva, pesquisador especializado em psicologia cognitiva com ênfase em xadrez, e pelo Professor Davy Maurice D'Israel, mestre internacional de xadrez (*rating* FIDE 2143).

As questões estão disponíveis no Anexo B, com suas respectivas respostas, categorias e diagramas.

Para o cálculo da proficiência dos participantes, foi empregada a mesma equação proposta por Volke (VOLKE et al., 2002):

$$H = (N_{correct} - \frac{N}{2}) * \frac{RT_m}{RT_s} \quad (1)$$

onde H = Honorarium (pontuação), $N_{correct}$ = número de respostas corretas, N = número total de questões, RT_m = tempo de resposta médio de todos os participantes em todas as questões, RT_s = tempo de resposta médio do indivíduo em todas as questões.

A equação (1) é eficaz no cálculo da proficiência dos enxadristas, pois ao mesmo tempo que leva em consideração o número de respostas corretas, ela também pondera pelo tempo gasto. Ela também é eficiente, caso o participante escolha as opções por mero palpite. Neste caso, ele terá um acerto de aproximadamente 50%, o que faz com que a pontuação seja igual a zero, devido ao equilíbrio pré-definido de questões com resposta Sim e Não.

5.3.2 Aquisição dos dados

Conforme descrito em capítulos anteriores, um dispositivo de rastreamento ocular geralmente fornece apenas dados sobre dilatação da pupila, ponto observado (coordenada 2D ou 3D) para cada olho, individualmente, além das piscadas.

Ou seja, um *software* que esteja capturando um sinal de um dispositivo de rastreamento ocular receberá uma sequência de coordenadas, mas não receberá sinalização de eventos como o de **fixação** (quando o olhar está sendo fixado em um único ponto), tampouco eventos como **sacadas** (quando os olhos se movimentam entre uma fixação e outra).

Estes eventos precisam ser calculados *a posteriori* e podem ser determinados de maneiras diversas, sobretudo em função da tarefa executada.

5.3.3 Pré-processamento

Antes de calcular uma fixação, por exemplo, são necessários dois pré-processamentos: (1) **interpolação de informações ausentes** e (2) **filtragem de ruídos**.

5.3.3.1 Interpolação de informações ausentes

Por diversos motivos, um dispositivo de rastreamento ocular pode perder a posição onde o olhar estava fixado por breves momentos (por causa do piscar de olhos do indivíduo, por exemplo). Nestes momentos, a coordenada apresentada será vazia (0,0 em um plano 2D).

Desta forma, faz-se necessário interpolar os valores ausentes para não prejudicar os cálculos subsequentes, uma vez que considerar a coordenada (0,0) como parte do movimento dos olhos poderia introduzir erros nos cálculos para determinar as fixações.

Para este fim, é utilizada uma interpolação linear, cuja fórmula é descrita na equação (2).

$$P_i = P_s + i * \frac{P_n - P_s}{n - s} \quad (2)$$

onde P_i representa os valores ausentes contíguos no vetor, P_s é valor do ponto imediatamente anterior aos pontos ausentes, P_n é valor do ponto imediatamente seguinte aos pontos ausentes, e o i varia de **1** até **n-s-1**.

Esta interpolação só é aplicada quando o vetor de pontos ausentes é inferior à 60 milissegundos (aproximadamente 20 amostras no dispositivo de rastreamento ocular utilizado). Uma interpolação em um vetor muito grande pode gerar fixações inexistentes. O tempo de 60 milissegundos é um tempo muito próximo ao tempo de uma piscada (50 milissegundos em média), assim, de maneira conservadora, apenas pequenas falhas serão corrigidas.

Na Figura 27, observa-se um exemplo de sinal original e o sinal interpolado, obtido de um participante deste experimento. Neste exemplo, existem diversas lacunas (quando o valor do eixo Y atinge bruscamente o valor zero).

5.3.3.2 Filtragem de ruídos

Os dados obtidos pelo dispositivo costumam apresentar pequenos ruídos. Estas variações se devem a ruídos no próprio equipamento, bem como a micromovimentos dos olhos ou da cabeça. A existência destes ruídos pode prejudicar a detecção de eventos como o da fixação do olhar, pois é preciso detectar a inércia nos movimentos oculares, e os ruídos podem gerar falsos movimentos.

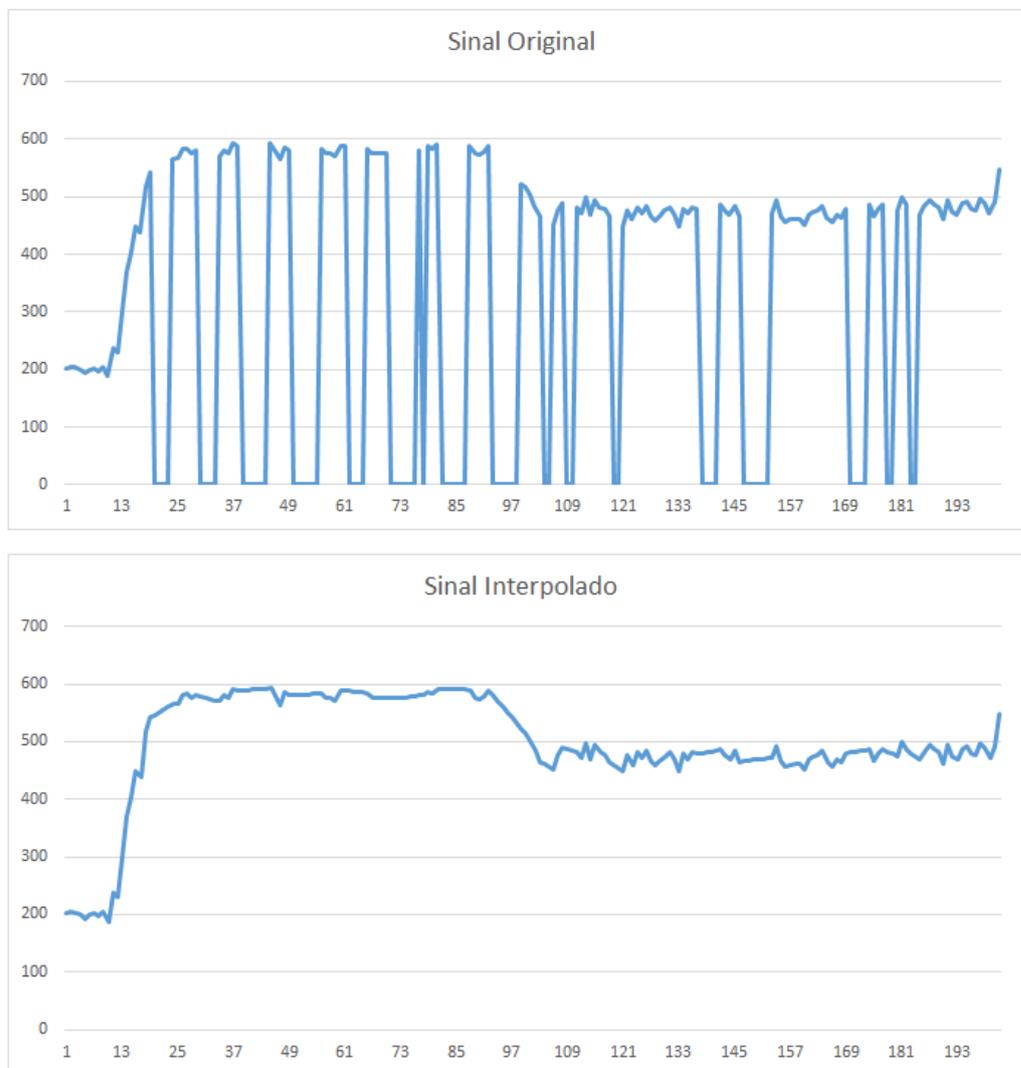
O método de filtragem utilizado, apresentado na equação (3), trata-se de uma média móvel ponderada, ou seja,

$$P_i = \frac{\sum_{n=0}^k P_{i-n} * W_n}{\sum_{n=0}^k W_n} \quad (3)$$

onde P_i é um valor no vetor de pontos, W é vetor de pesos, k é tamanho da janela (tamanho do vetor de pesos) e P_{i-n} é o valor da *enésima* posição anterior no vetor (quando $n=0$, P_{i-n} será igual a P_i). Para este trabalho, o tamanho da janela foi de 20 amostras (aproximadamente 60 milissegundos) com pesos linearmente decrescentes, isto é, $W_0=20$, $W_1=19$, $W_2=18$,..., $W_{19}=1$.

Na figura 28, é possível observar um sinal (somente as coordenadas Y dos pontos) e sua respectiva suavização.

Figura 27 – Sinal original acima e sinal interpolado abaixo.



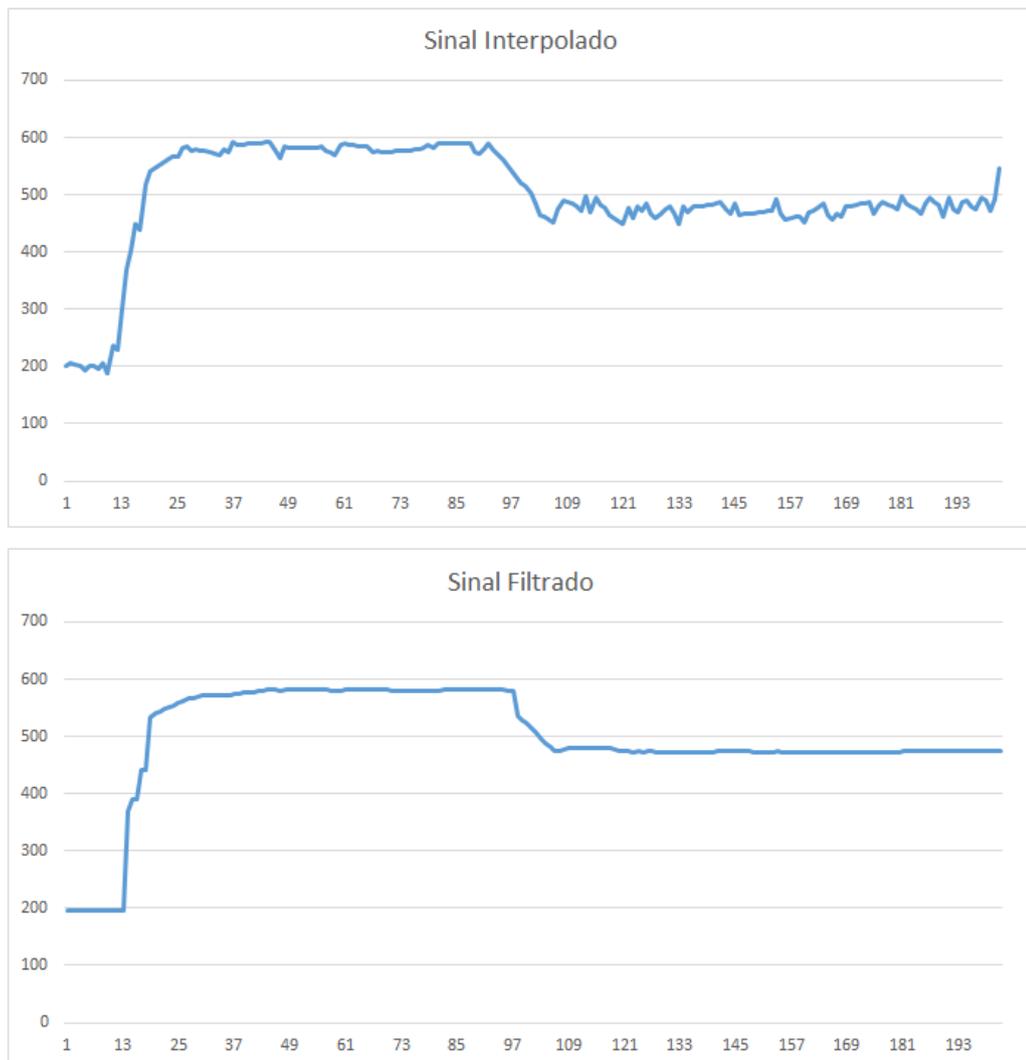
Nota: No eixo Y do gráfico, observa-se as coordenadas y dos pontos de fixação e no eixo X temos o tempo em milissegundos.

Fonte: Autor, 2016

5.3.4 Processamento

A etapa de pré-processamento tem como objetivo principal filtrar os dados, sendo a etapa de processamento responsável por gerar as análises pertinentes que permitirão a interpretação dos resultados.

Figura 28 – Sinal interpolado acima e sinal filtrado abaixo.



Nota: No eixo Y do gráfico, observa-se as coordenadas y dos pontos de fixação e no eixo X temos o tempo em milissegundos.

Fonte: Autor, 2016

5.3.4.1 Fixações

Conforme já descrito na Seção 5.3.2, um dispositivo de rastreamento ocular não detecta diretamente as fixações. Estes dispositivos só fornecem um vetor com as coordenadas obtidas.

O algoritmo descrito no Algoritmo 1 foi empregado neste trabalho para este fim. Trata-se de um algoritmo de detecção por dispersão denominado I-DT descrito por Salvucci & Goldberg (SALVUCCI; GOLDBERG, 2000). Este tipo de algoritmo detecta as fixações, a partir da identificação da inércia dos movimentos oculares em uma determinada localização. Ele

atua com dois parâmetros: *limiar de espaço* e *limiar de tempo*. O primeiro indica a dispersão máxima aceitável para considerar aquele ponto como pertencente à fixação, enquanto que o segundo indica o tempo mínimo para considerar um conjunto de pontos como uma fixação propriamente dita.

Algoritmo 1 – Algoritmo I-DT para detecção de fixações.

```

1 Entrada: Vetor de Coordenadas, Tempo ENTRADA
2 Saída: Vetor de Coordenadas, Duração FIXACOES
3 Inicializa a janela com o tamanho do limiar de tempo
4 Preenche a janela com as coordenadas da ENTRADA
5 para cada coordenada restante em ENTRADA faça
6   | Adiciona coordenada na janela
7   | se Dispersão <= limiar de espaço então
8   |   | enquanto Dispersão <= limiar faça
9   |   |   | Adiciona próxima coordenada na janela
10  |   |   | fim
11  |   | Adiciona centróide e duração da janela no vetor de saída
12  |   | Limpa janela
13  |   | Preenche a janela com as próximas coordenadas da ENTRADA
14  |   | fim
15  |   | senão
16  |   |   | Remove primeira coordenada da janela
17  |   |   | fim
18 fim
19 retorna FIXACOES

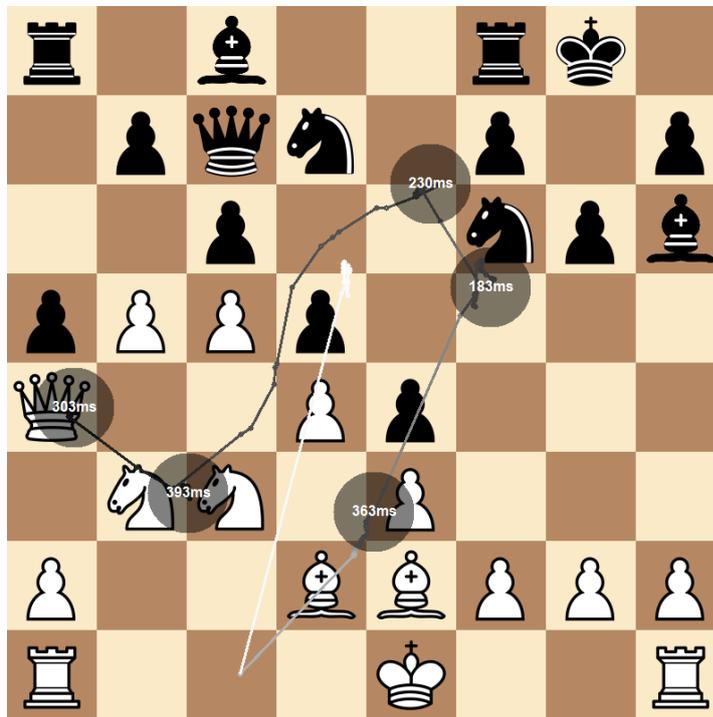
```

Para este trabalho, foi utilizado 120 pixels como *limiar de espaço* e 120 milissegundos como *limiar de tempo*. Estes parâmetros estão dentro do intervalo de valores recomendados (HOLMQVIST et al., 2011).

5.3.5 Mapas e Diagramas

A fim de possibilitar a análise dos resultados, o processamento do sinal de movimentos oculares gerará alguns mapas e diagramas, para posterior interpretação.

Figura 30 – Mapa de gaze com fixações.



Fonte: Autor, 2016

Nota: A pergunta apresentada foi: Considerando que as peças presentes na PRIMEIRA FILEIRA NÃO foram movidas, as BRANCAS podem realizar o GRANDE ROQUE?

Para a geração deste mapa é utilizado o algoritmo descrito em Algoritmo 2.

Algoritmo 2 – Algoritmo para desenho do mapa de gaze.

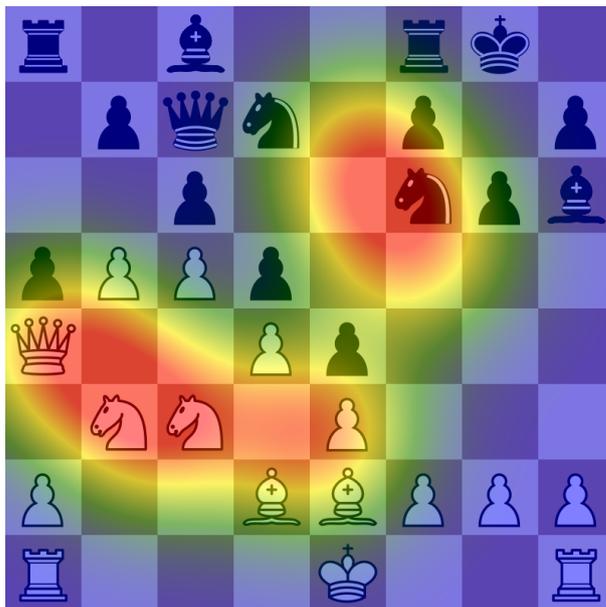
- 1 **Entrada:** Vetor de Coordenadas e Tempo *ENTRADA*
- 2 **Saída:** *MAPA*
- 3 Inicializa ***COR = 0***
- 4 Inicializa ***Tempo = Tempo Última Coordenada - Tempo Primeira Coordenada***
- 5 Inicializa imagem com o tabuleiro e peças
- 6 Desenha círculo com preenchimento de cor preta para a primeira coordenada em *ENTRADA*
- 7 **para cada** coordenada *ENTRADA* **faça**
- 8 Incrementa ***COR*** proporcionalmente ao tempo da coordenada atual
- 9 Desenha círculo com preenchimento de cor ***COR***
- 10 Desenha linha reta entre ***coordenada atual*** e ***coordenada anterior*** de cor ***COR***
- 11 **fim**
- 12 **retorna** *MAPA*

5.3.5.2 Mapa de Atenção Visual

Os mapas de atenção visual, exemplificado na Figura 31, evidenciam as áreas que receberam a maior atenção do participante. A partir das fixações obtidas pelo algoritmo descrito na Seção 5.3.4.1, são desenhadas áreas onde a cor indicará o tempo ali empregado. Na escala de cores de um mapa de atenção, são considerados: azul para nenhuma atenção, verde para pouca atenção, amarelo e laranja para média atenção e vermelho para bastante atenção.

O azul, que representa ausência completa de atenção, pode ser substituído pela cor original, conforme exemplificado na Figura 32. Neste caso, preserva-se a cor original da imagem, só aplicando as áreas de atenção.

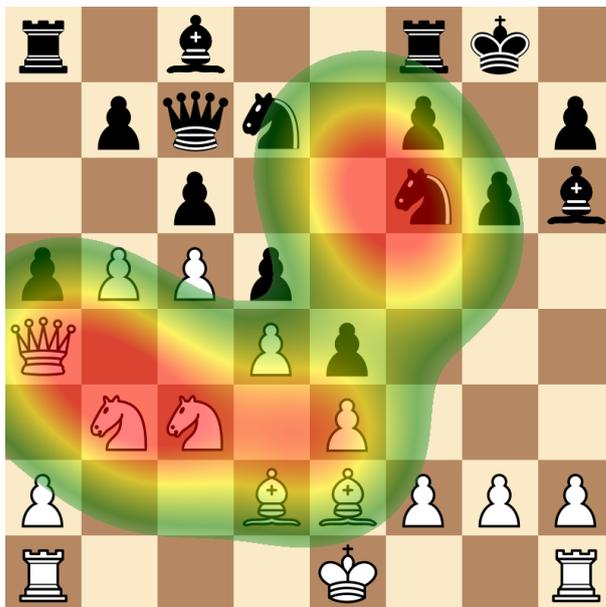
Figura 31 – Mapa de atenção.



Fonte: Autor, 2016

Nota: A pergunta apresentada foi: Considerando que as peças presentes na PRIMEIRA FILEIRA NÃO foram movidas, as BRANCAS podem realizar o GRANDE ROQUE?

Figura 32 – Mapa de atenção transparente.

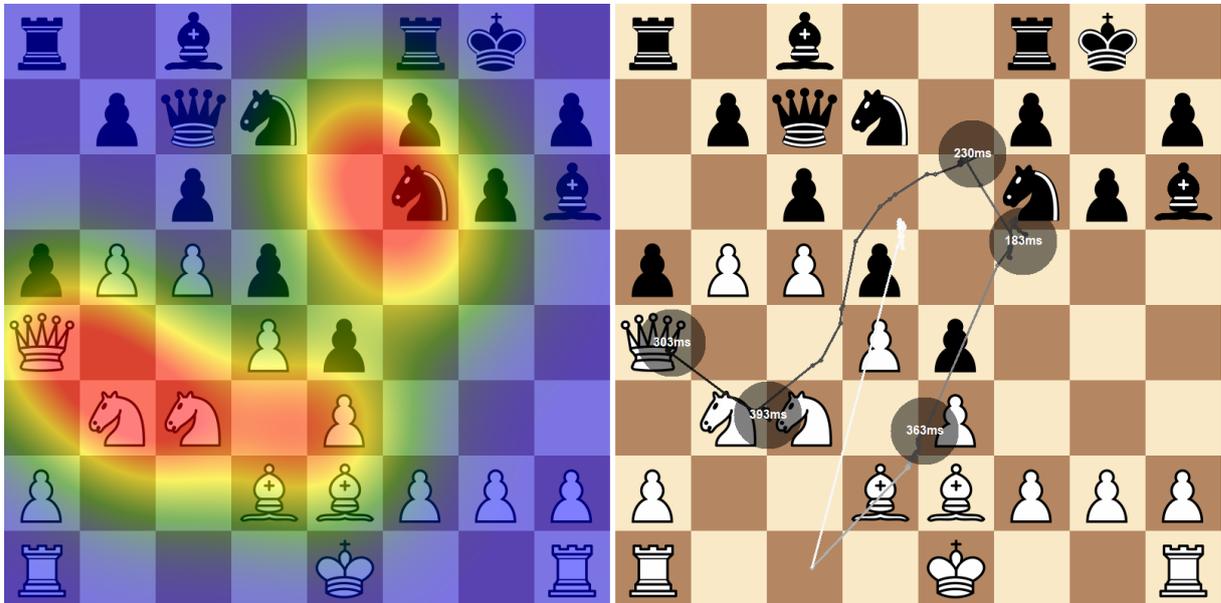


Fonte: Autor, 2016

Nota: A pergunta apresentada foi: Considerando que as peças presentes na PRIMEIRA FILEIRA NÃO foram movidas, as BRANCAS podem realizar o GRANDE ROQUE?

O mapa de atenção é uma importante ferramenta para rápida identificação de áreas de interesse, porém ele traz pouca informação espaço-temporal.

Figura 33 – Comparação entre mapa de atenção e mapa de gaze



Fonte: Autor, 2016

Nota: A pergunta apresentada foi: Considerando que as peças presentes na PRIMEIRA FILEIRA NÃO foram movidas, as BRANCAS podem realizar o GRANDE ROQUE?

Para gerar o mapa de atenção visual, é criada uma matriz quadrada (**matriz de pontos**) com o mesmo tamanho da imagem original (imagem do tabuleiro com 800 por 800 pixels). Essa matriz receberá uma soma de pontos de exposição, a partir das fixações dos participantes daquele grupo.

Também é gerada uma outra matriz, cujos valores são preenchidos através de uma função gaussiana, conforme detalhado no Algoritmo 3. O preenchimento da **matriz de pontos** se dá pela sobreposição centralizada da matriz da máscara no ponto de cada fixação. Os valo-

res originais da **máscara de pontos** são somados pelos valores contidos na matriz da máscara, ponderados pela duração da fixação.

Algoritmo 3 – Algoritmo para geração de máscara usada no mapa de calor.

```

1 Entrada: raio, sigma
2 Saída: M
3 Inicializa  $M = \text{Matriz}(\text{raio}^2, \text{raio}^2)$ 
4 Inicializa  $S = \text{raio} * \text{sigma} * \text{sigma}$ 
5 Inicializa  $E = 2.71828$ 
6 Inicializa  $PI = 3.14159$ 
7 para  $x = -\text{raio}$  até  $x = \text{raio}$  faça
8   para  $y = -\text{raio}$  até  $y = \text{raio}$  faça
9     se  $x * x + y * y \leq \text{raio} * \text{raio}$  então
10        $r = (x * x + y * y)$ ;
11        $\text{valor} = (E ^ (-r / S)) / (PI * S)$ ;
12        $\text{mask}[x + \text{raio}, y + \text{raio}] = \text{valor}$ ;
13     fim
14   fim
15 fim
16 retorna M

```

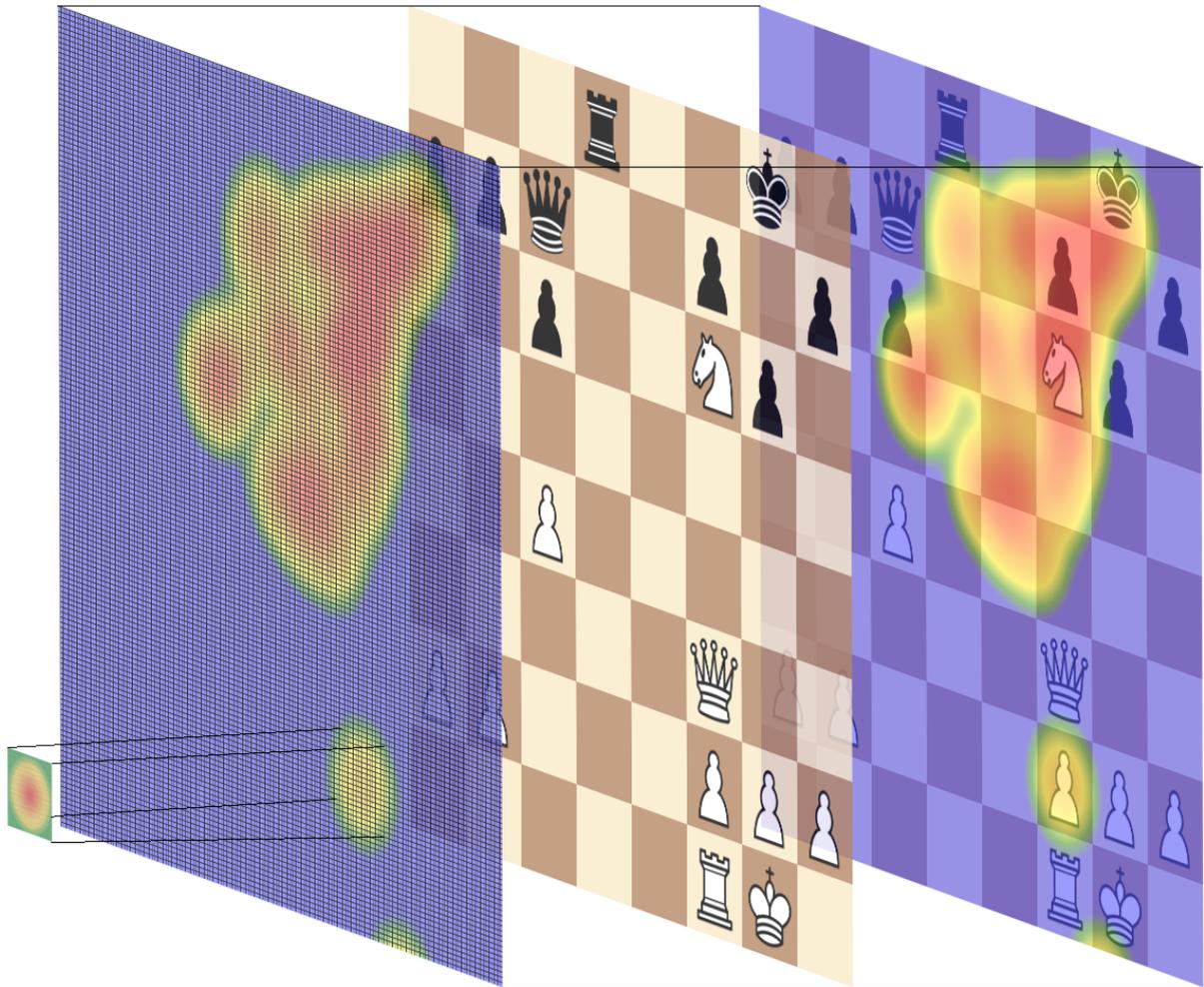
Na Figura 34, apresenta-se uma representação visual da máscara gerada no Algoritmo 3. Após a geração da máscara, são somados os seus valores, ponderados pela duração da fixação, na matriz final de pesos.

O algoritmo completo para a geração de um mapa de atenção visual pode ser observado no Algoritmo 4 e uma representação visual dos passos pode ser observado na Figura 35.

Algoritmo 4 – Algoritmo para geração do mapa de atenção visual.

- 1 **Entrada:** *Imagem, Fixações*
- 2 **Saída:** *Imagem*
- 3 **Inicializa** $M = Mascara(raio, sigma)$
- 4 **Inicializa** $P = Matriz(imagem.Largura, imagem.Altura)$
- 5 **para cada** *fixação em Fixações* **faça**
 - 6 *Centraliza* M *no ponto* *fixação*
 - 7 *Soma valores da matriz* M *para os pontos relacionados espacialmente na matriz* P , *ponderados pela duração da* *fixação em relação à maior duração de fixação encontrada.*
- 8 **fim**
- 9 **Transforma** *matriz* P *em mapa de atenção.* **Mescla** *mapa de atenção* P *em* **Imagem**
retorna *Imagem*

Figura 35 – Representação visual dos passos para geração de mapa de atenção visual.



Fonte: Autor, 2016

Os mapas de atenção apresentados neste trabalho são, em sua maioria, mapas de atenção médios, isto é, são gerados a partir dos mapas dos participantes de um determinado grupo (experientes ou novatos, por exemplo). Em um mapa de atenção médio, os valores das matrizes são somados termo a termo, gerando uma única matriz de máscara.

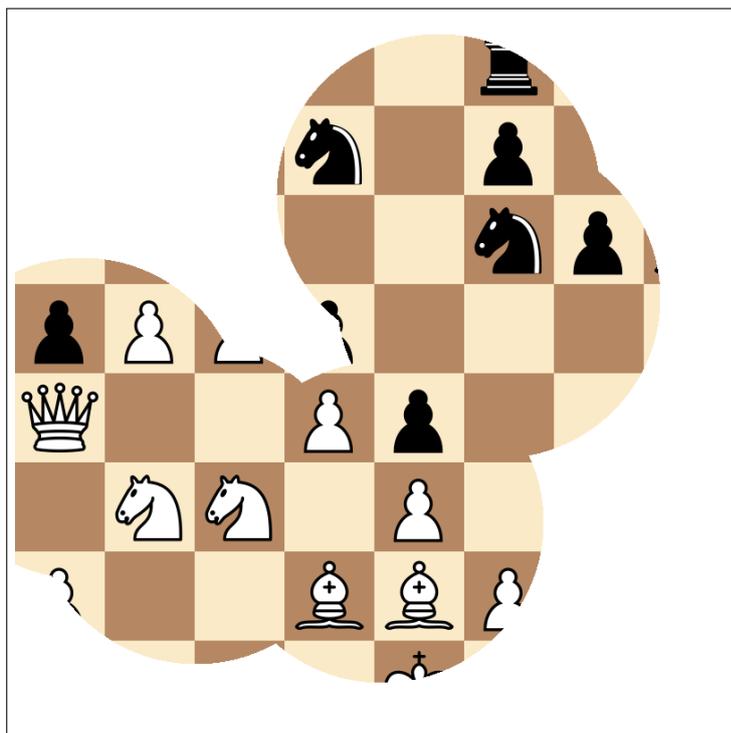
Como as matrizes de máscara podem conter valores muito distintos entre si, uma vez que os valores são ponderados pelas durações das fixações, é realizada uma normalização calculando o logaritmo do valor de cada termo da matriz. A normalização logarítmica preserva as grandezas dos valores intra-grupos, permitindo que as matrizes sejam melhor comparadas espacialmente.

5.3.5.3 Mapa de Saliência

Em algumas circunstâncias, é desejável destacar apenas as áreas de interesse. Neste caso, o mapa de saliência pode ser o mais indicado. Neste tipo de mapa, após a identificação das áreas de interesse, remove-se as demais áreas para onde o participante não olhou, ou então simplesmente deixa-se as cores esmaecidas.

Na Figura 36, é possível visualizar um mapa deste tipo. É importante notar, a partir deste exemplo, que as peças envolvidas na questão (grande roque) sequer apareceram nas áreas de interesse. Isso não significa que o participante não olhou para estas peças, mas sim que a sua visualização foi muito rápida, ou apenas através de sua visão periférica.

Figura 36 – Mapa de saliência



Fonte: Autor, 2016

Na Figura 29 apresentada anteriormente (que utilizou os mesmo conjunto de dados) é possível observar que o participante passou o olhar para a região onde o grande roque se dá, entretanto, foi tão rápido que este mapa de saliência não foi capaz de identificar este ponto como um ponto de interesse (não houve fixações).

A construção de um mapa de saliência se dá pelo mesmo processo do mapa de atenção visual, porém ao invés de utilizar cores indicando a intensidade (do azul ao vermelho) utiliza-se a cor branca ou transparente.

5.3.5.4 Scanpath

O scanpath indica a sequência das fixações. Este tipo de mapa é relevante para os contextos nos quais há o intuito de identificar a sequência dos pontos observados, sem o ruído que o mapa de gaze pode gerar. Na Figura 37, exibe-se um scanpath. O diâmetro da circunferência indica a duração da fixação.

O principal objetivo do Scanpath é destacar as fixações, ao mesmo tempo que indica o caminho percorrido pelos olhos. Ele possibilita extrair algumas hipóteses sobre o processo cognitivo do participante.

Figura 37 – Scanpath.



Fonte: Autor, 2016

O Scanpath é gerado com um algoritmo muito similar ao descrito no Algoritmo 2, utilizado para geração de mapas de gaze, conforme exibido no Algoritmo 5. No caso do Scanpath, os pontos são as fixações e não há variação de cor, como indicativo do tempo. Os círculos são desenhados com um raio proporcional ao tempo da fixação e a cor é escolhida a partir de uma

paleta de cores, para facilitar a visualização de fixações muito próximas umas das outras.

Algoritmo 5 – Algoritmo para desenho do scanpath.

- 1 **Entrada:** Vetor de Coordenadas e Tempo *FIXAÇÕES*
- 2 **Saída:** *MAPA*
- 3 Inicializa **PALETA DE CORES**
- 4 Inicializa **Tempo = Tempo Última Coordenada - Tempo Primeira Coordenada**
- 5 Inicializa imagem com o tabuleiro e peças
- 6 **para cada** coordenada em *FIXAÇÕES* **faça**
 - 7 | Atribui **COR** = próxima cor da **PALETA DE CORES**
 - 8 | Desenha círculo com preenchimento de cor **COR** e diâmetro proporcional ao **Tempo**
 - 9 | Desenha linha reta entre **coordenada atual** e **próxima coordenada** de cor **COR**
- 10 **fim**
- 11 **retorna** *MAPA*

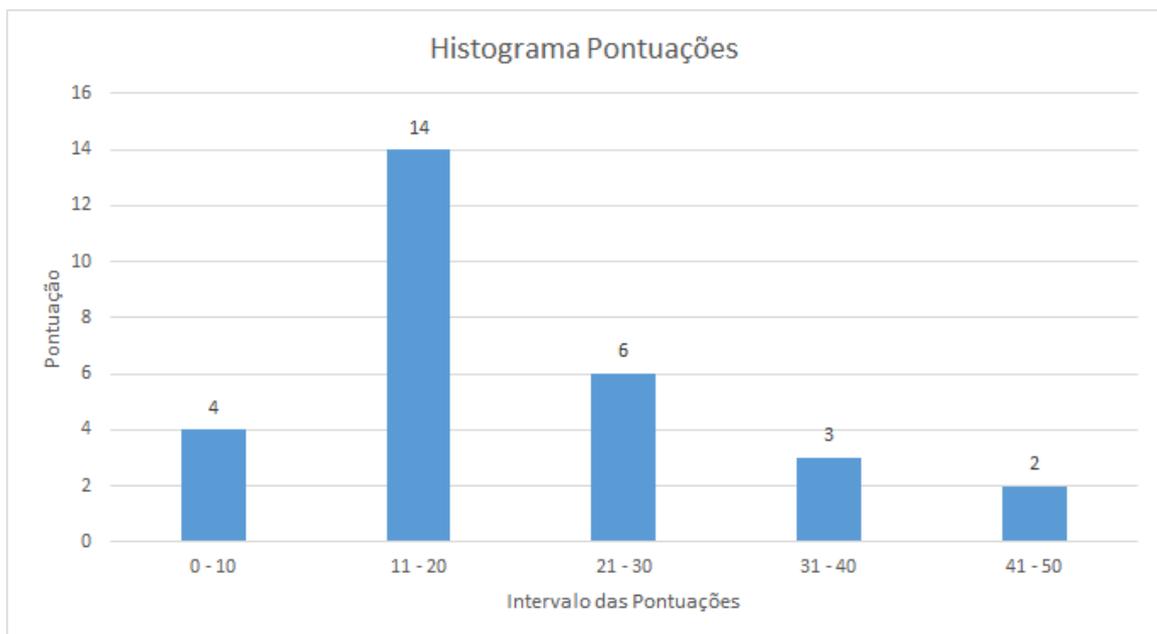
6 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir da análise dos dados obtidos no capítulo anterior. Será apresentado o resultado da avaliação dos participantes, e serão discutidas as principais diferenças percebidas entre os dois grupos.

6.1 AVALIAÇÃO DOS PARTICIPANTES

A partir do histograma apresentado na Figura 38, é possível visualizar a distribuição da pontuação dos participantes, tendo a maioria se situado entre 11 e 30 pontos.

Figura 38 – Histograma da pontuação dos participantes.



Fonte: Autor, 2016

Na Tabela 2, têm-se os detalhes de cada participante. Para comparação de desempenho foram escolhidos os 6 participantes com a maior pontuação para formar o grupo dos participantes experientes, enquanto que os 6 participantes com menor pontuação formaram o grupo dos participantes inexperientes. Os participantes selecionados para o grupo dos experientes estão com a cor de fundo verde, enquanto que os escolhidos para o grupo dos inexperientes estão em vermelho.

Também foi possível perceber que os participantes que se declararam como profissionais obtiveram as maiores pontuações. Inclusive, aqueles que indicaram possuir pontuação na classificação ELO, que é um indicativo de prática regular de xadrez e participação em campeonatos, também apresentaram maior pontuação no teste, independentemente do nível auto avaliado.

Tabela 2 – Grupos de participantes e suas respectivas pontuações

| Part. | Idade | Acertos | Erros | Tempo Gasto | Pontuação | Nível Declarado | ELO |
|-------|-------|---------|-------|-------------|-----------|-----------------|------|
| P2 | 25 | 50 | 1 | 05m31s | 47.4 | Profissional | 2500 |
| P3 | 36 | 48 | 3 | 05m47s | 41.5 | Profissional | 2288 |
| P4 | 49 | 50 | 1 | 06m47s | 38.6 | Profissional | 2376 |
| P5 | 11 | 46 | 5 | 06m28s | 33.8 | Experiente | 1647 |
| P10 | 38 | 49 | 2 | 08m21s | 30.0 | Profissional | 2351 |
| P23 | 10 | 42 | 9 | 06m56s | 25.4 | Iniciante | |
| P20 | 10 | 45 | 6 | 08m28s | 24.6 | Iniciante | |
| P30 | 12 | 44 | 7 | 08m03s | 24.5 | Experiente | |
| P1 | 11 | 41 | 10 | 06m51s | 24.2 | Experiente | |
| P27 | 15 | 43 | 8 | 09m03s | 20.6 | Experiente | |
| P16 | 10 | 38 | 13 | 06m38s | 20.1 | Iniciante | |
| P22 | 10 | 45 | 6 | 10m42s | 19.5 | Iniciante | |
| P25 | 10 | 46 | 5 | 12m33s | 17.4 | Iniciante | |
| P26 | 40 | 45 | 6 | 11m57s | 17.4 | Experiente | |
| P6 | 12 | 37 | 14 | 07m09s | 17.2 | Experiente | |
| P8 | 10 | 42 | 9 | 11m18s | 15.6 | Experiente | |
| P12 | 9 | 40 | 11 | 10m12s | 15.2 | Experiente | |
| P13 | 11 | 38 | 13 | 09m09s | 14.6 | Experiente | |
| P24 | 42 | 49 | 2 | 17m27s | 14.4 | Experiente | |
| P29 | 13 | 40 | 11 | 10m51s | 14.3 | Experiente | |
| P9 | 11 | 41 | 10 | 11m39s | 14.2 | Iniciante | |
| P34 | 33 | 43 | 8 | 15m05s | 12.4 | Experiente | |
| P21 | 50 | 40 | 11 | 12m46s | 12.1 | Iniciante | |
| P32 | 11 | 41 | 10 | 14m39s | 11.3 | Iniciante | |
| P19 | 51 | 41 | 10 | 15m59s | 10.4 | Experiente | |
| P15 | 8 | 35 | 16 | 12m11s | 8.4 | Experiente | |
| P11 | 43 | 37 | 14 | 14m36s | 8.3 | Iniciante | |
| P18 | 8 | 34 | 17 | 15m03s | 6.0 | Iniciante | |
| P33 | 44 | 35 | 16 | 17m23s | 5.8 | Iniciante | |

Fonte: Autor, 2016

6.2 COMPARAÇÕES ENTRE OS DOIS GRUPOS

Nesta seção serão apresentados alguns dos mapas gerados pelos dados obtidos no experimento. No canto superior direito de cada figura do tabuleiro (nos mapas de gaze ou scanpath)

há um ícone sinalizando se o participante errou ou acertou a questão. O ícone verde indica que o participante acertou a questão, enquanto que o ícone vermelho indica que ele errou.

As questões apresentadas aos voluntários tinham níveis variados de dificuldade. A questão 8, onde os resultados dos participantes podem ser visualizados na Tabela 3, é considerada uma questão de fácil resolução.

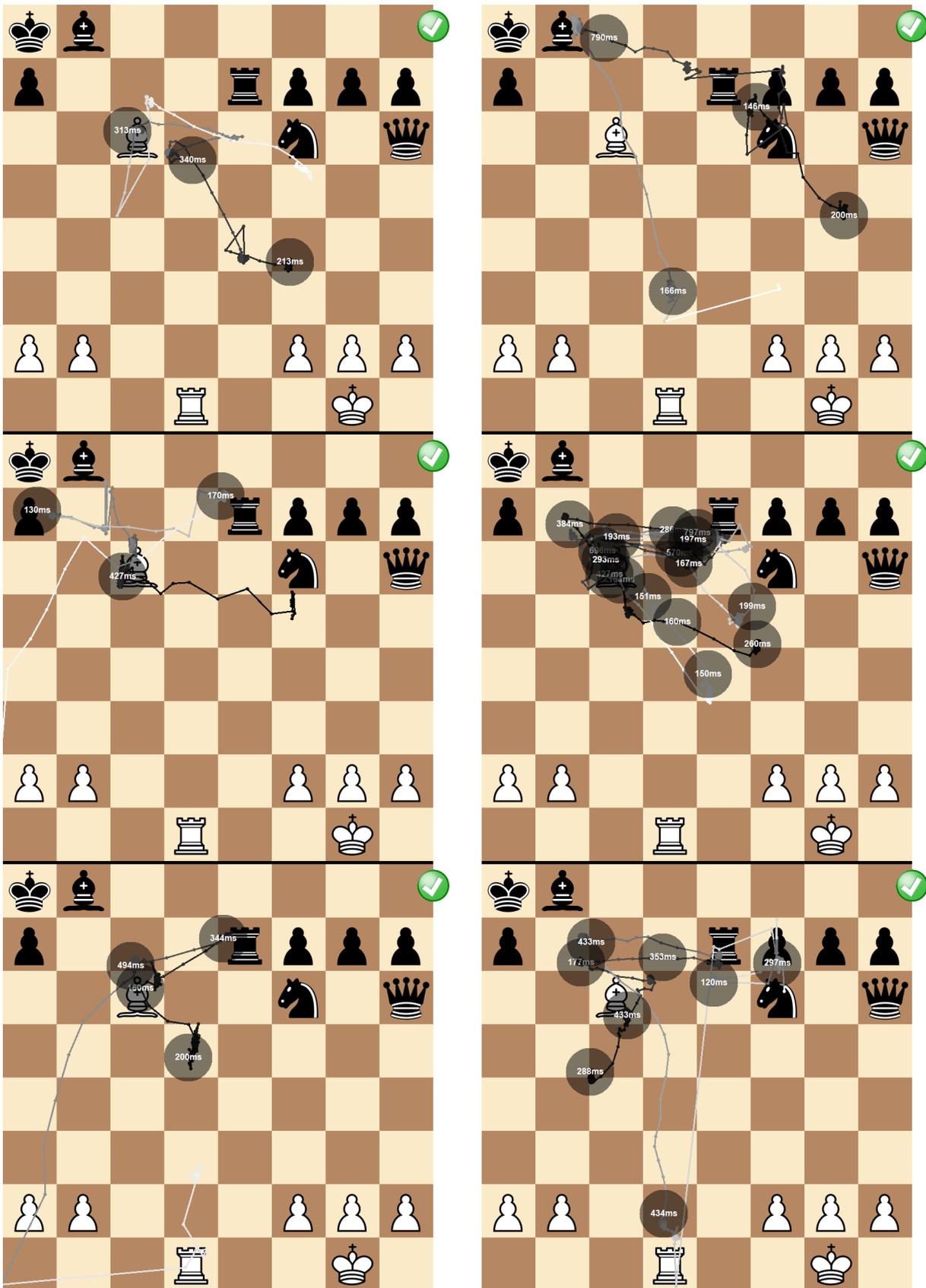
As diferenças nos padrões dos movimentos oculares podem ser observadas nas Figuras 39 e 40, para os participantes experientes e inexperientes, respectivamente, além do mapa de atenção médio que pode ser observado na Figura 41

A partir destes mapas é possível afirmar que a habilidade dos jogadores se reflete no número de fixações necessárias para a resolução da questão. Os jogadores inexperientes demonstraram dificuldade, ou talvez insegurança, em identificar a resposta correta, demoraram mais tempo na tarefa e apresentaram, conseqüentemente, mais fixações.

Tabela 3 – Resultados da Questão 8.

| Participante | Acertou | Tempo Gasto |
|---------------------|----------------|--------------------|
| P2 | Sim | 1,2s |
| P3 | Sim | 1,6s |
| P4 | Sim | 2,2s |
| P5 | Sim | 2,6s |
| P10 | Sim | 5,3s |
| P23 | Sim | 2,9s |
| P32 | Sim | 5,6s |
| P19 | Não | 9,6s |
| P15 | Sim | 14,5s |
| P11 | Não | 9,7s |
| P18 | Não | 10,2s |
| P33 | Sim | 10,3s |

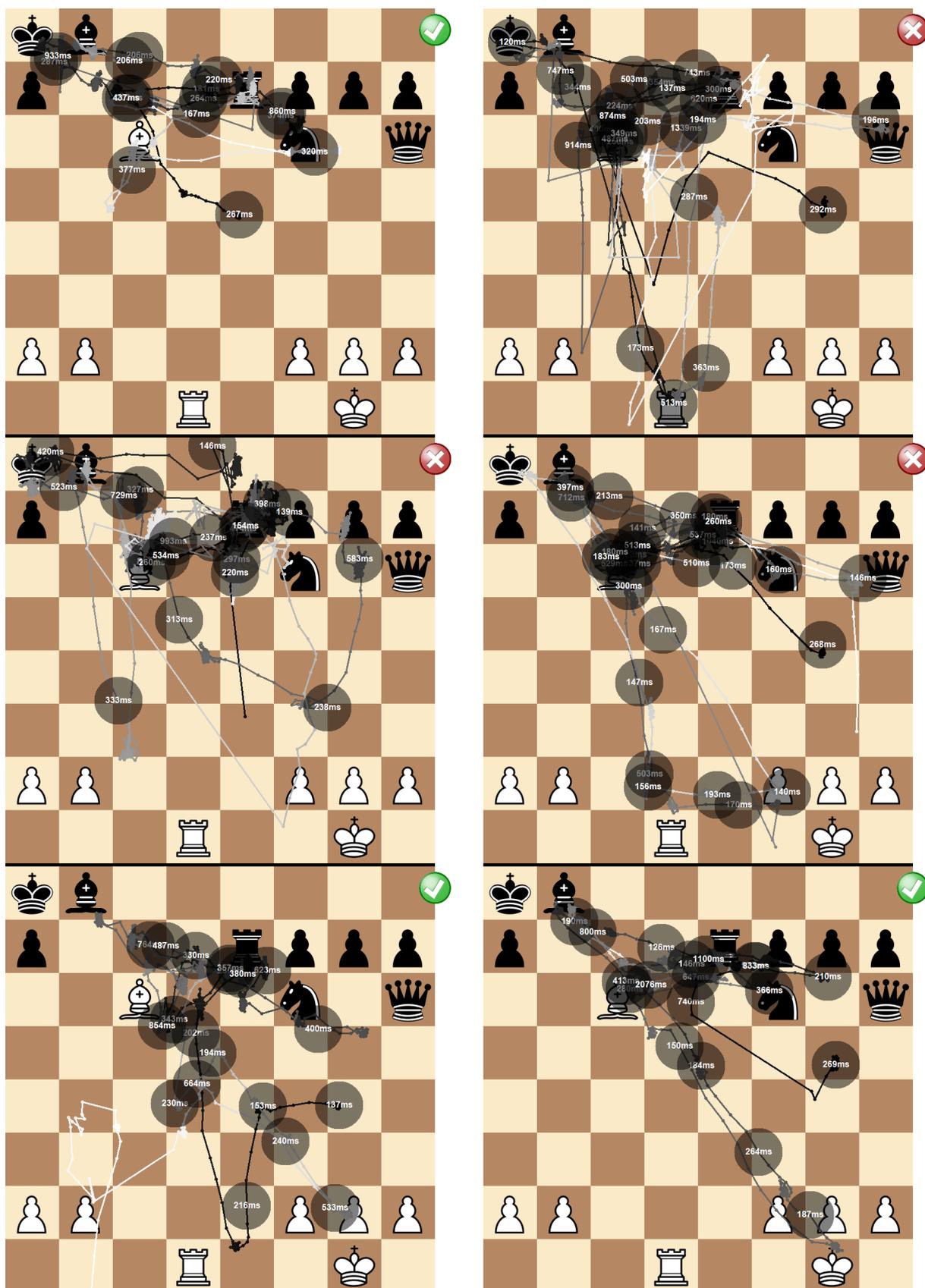
Figura 39 – Mapa gaze dos participantes experientes para a questão 8.



Fonte: Autor, 2016

Nota: Questão 8: A TORRE PRETA consegue BLOQUEAR o BISPO BRANCO? (SIM)

Figura 40 – Mapa gaze dos participantes inexperientes para a questão 8.

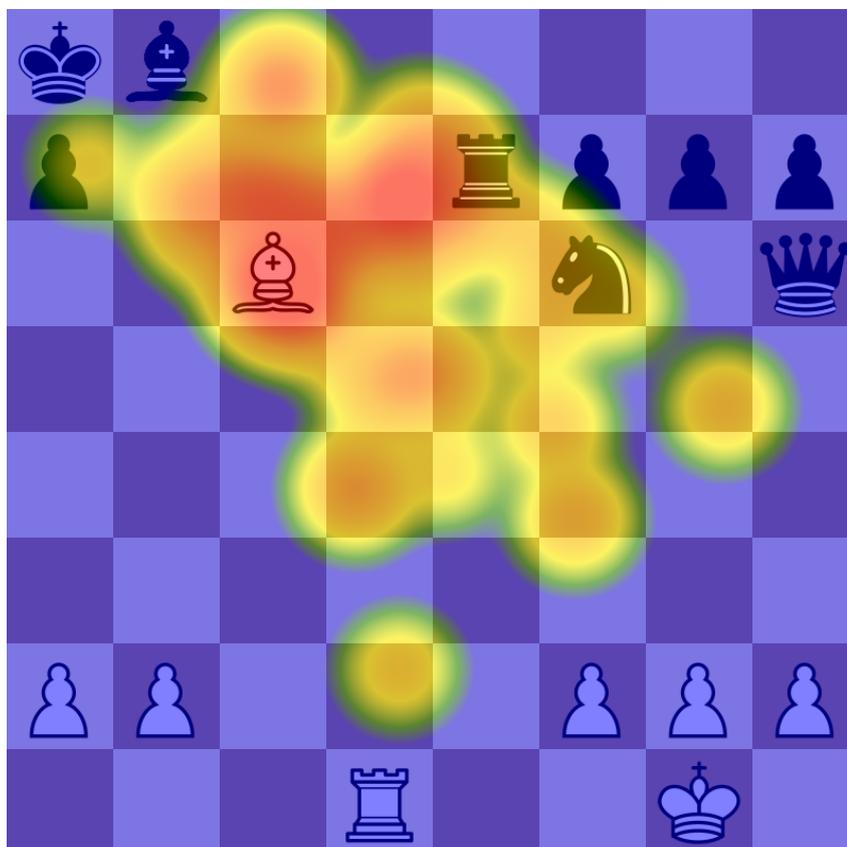


Fonte: Autor, 2016

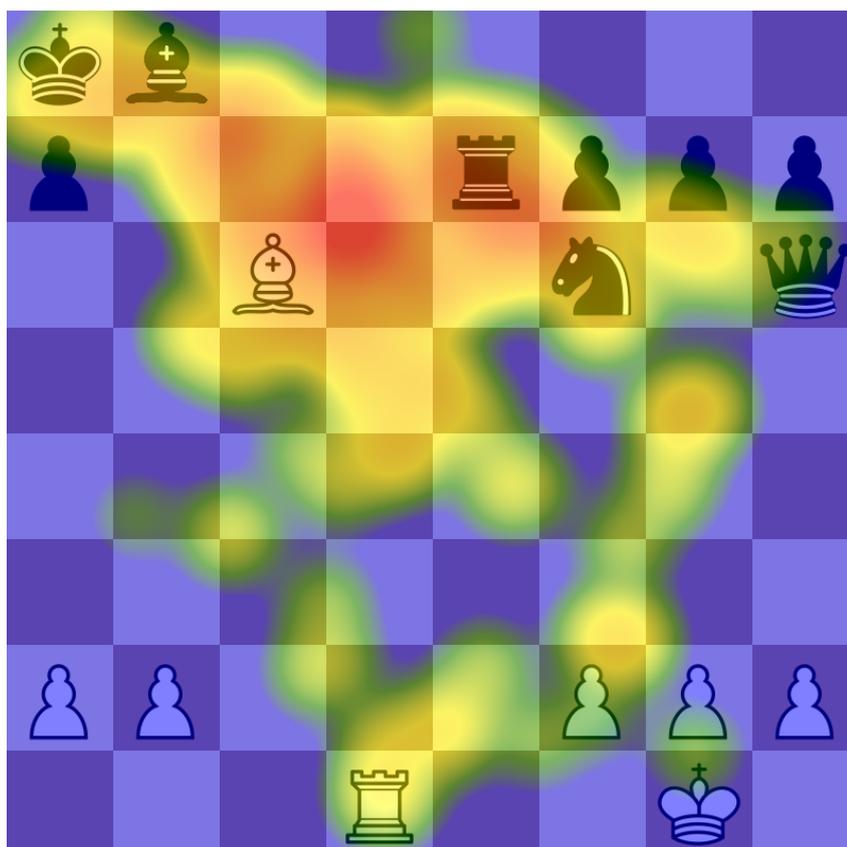
Nota: Questão 8: A TORRE PRETA consegue BLOQUEAR o BISPO BRANCO? (SIM)

Figura 41 – Questão 8: A TORRE PRETA consegue BLOQUEAR o BISPO BRANCO?

(a) Experientes: Tempo médio $2,6 \pm 1,4s$



(b) Inexperientes: Tempo médio Tempo médio: $10 \pm 2,8s$



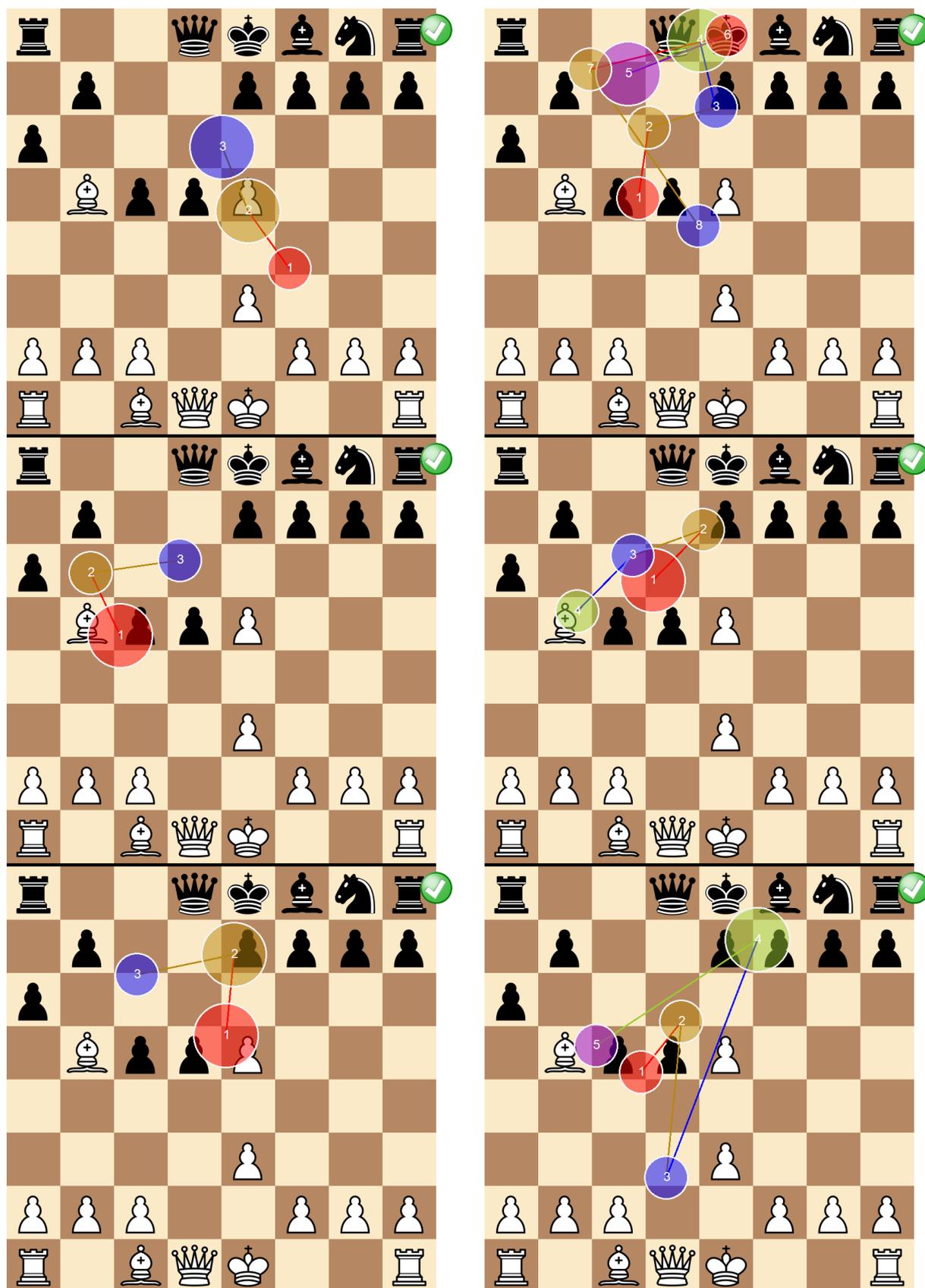
Em algumas questões, também de fácil resolução, como a 41, cujos resultados dos participantes podem ser visualizados na Tabela 4 e as fixações podem ser observadas nas Figuras 42 e 43, destaca-se a grande discrepância na taxa de erros entre os dois grupos: apenas um participante inexperiente acertou, enquanto que todos os participantes experientes acertaram.

O mapa de atenção para esta questão, apresentado na Figura 44, mostra que o padrão entre os dois grupos não foi tão distinto, indicando que, no geral, os participantes tiveram concentrações em torno das mesmas áreas, porém os inexperientes olharam por mais tempo para o tabuleiro.

Tabela 4 – Resultados da Questão 41.

| Participante | Acertou | Tempo Gasto |
|---------------------|----------------|--------------------|
| P2 | Sim | 0,9s |
| P3 | Sim | 1,7s |
| P4 | Sim | 1,5s |
| P5 | Sim | 4,6s |
| P10 | Sim | 1,6s |
| P23 | Sim | 2,8s |
| P32 | Não | 9,1s |
| P19 | Sim | 10,1s |
| P15 | Não | 5,5s |
| P11 | Não | 2,6s |
| P18 | Não | 6,8s |
| P33 | Não | 8,7s |

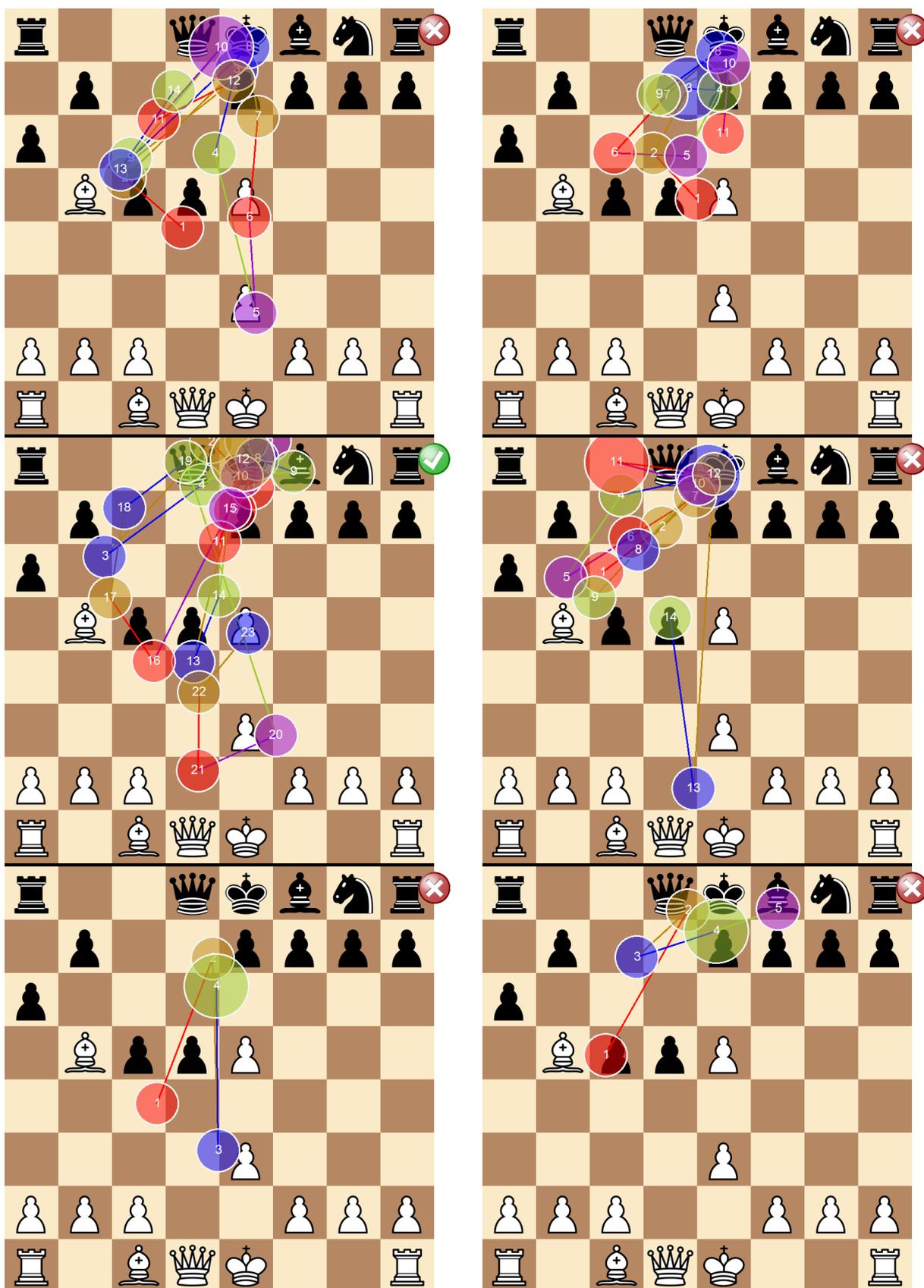
Figura 42 – Mapa scanpath dos participantes experientes para a questão 41.



Fonte: Autor, 2016

Nota: Questão 41: O rei PRETO está em XEQUE-MATE? (Não)

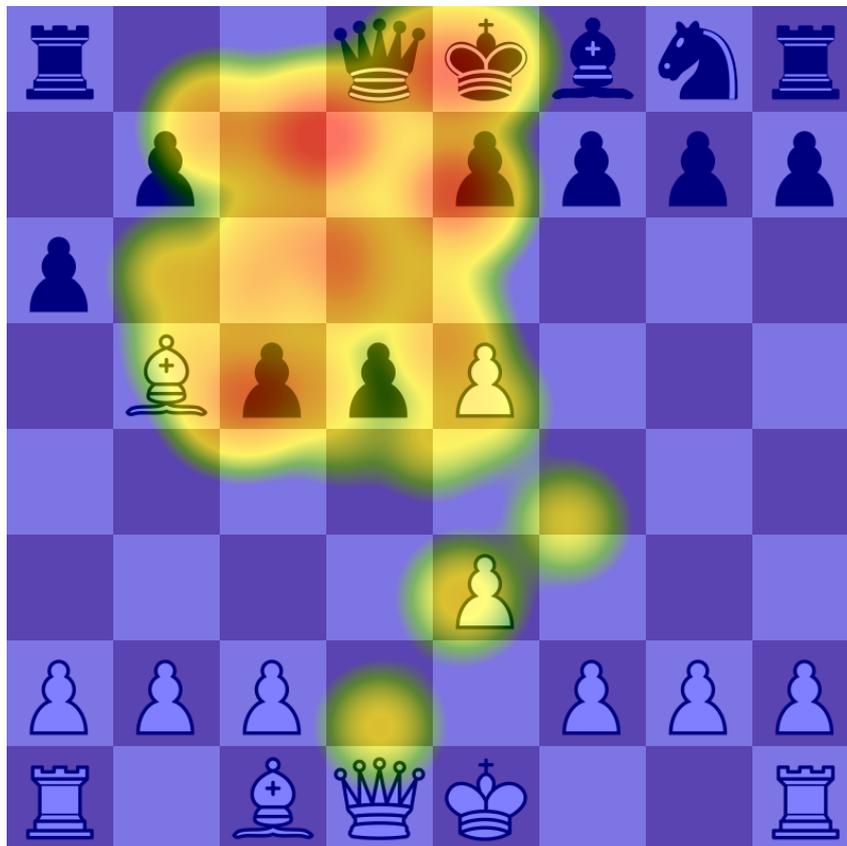
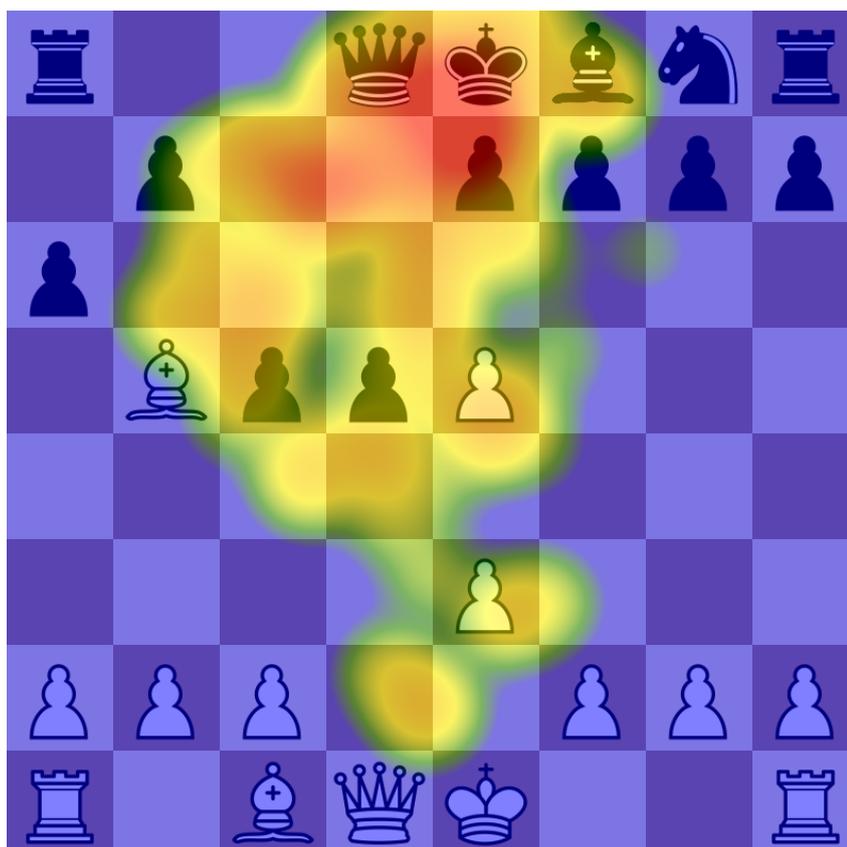
Figura 43 – Mapa scanpath dos participantes inexperientes para a questão 41.



Fonte: Autor, 2016

Nota: Questão 41: O rei PRETO está em XEQUE-MATE? (Não)

Figura 44 – Questão 41: O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

(a) Experientes: Tempo médio Tempo médio: $2.2 \pm 1,3s$ (b) Inexperientes: Tempo médio Tempo médio: $7.1 \pm 2,8s$ 

A questão 37, cujos resultados dos participantes podem ser observados na Tabela 5, é um tipo de questão que exigiu um amplo rastreamento do tabuleiro, pois questionava a existência de ambos os bispos pretos. Desta forma, era esperado maior número de fixações dos participantes, inclusive aqueles do grupo dos experientes.

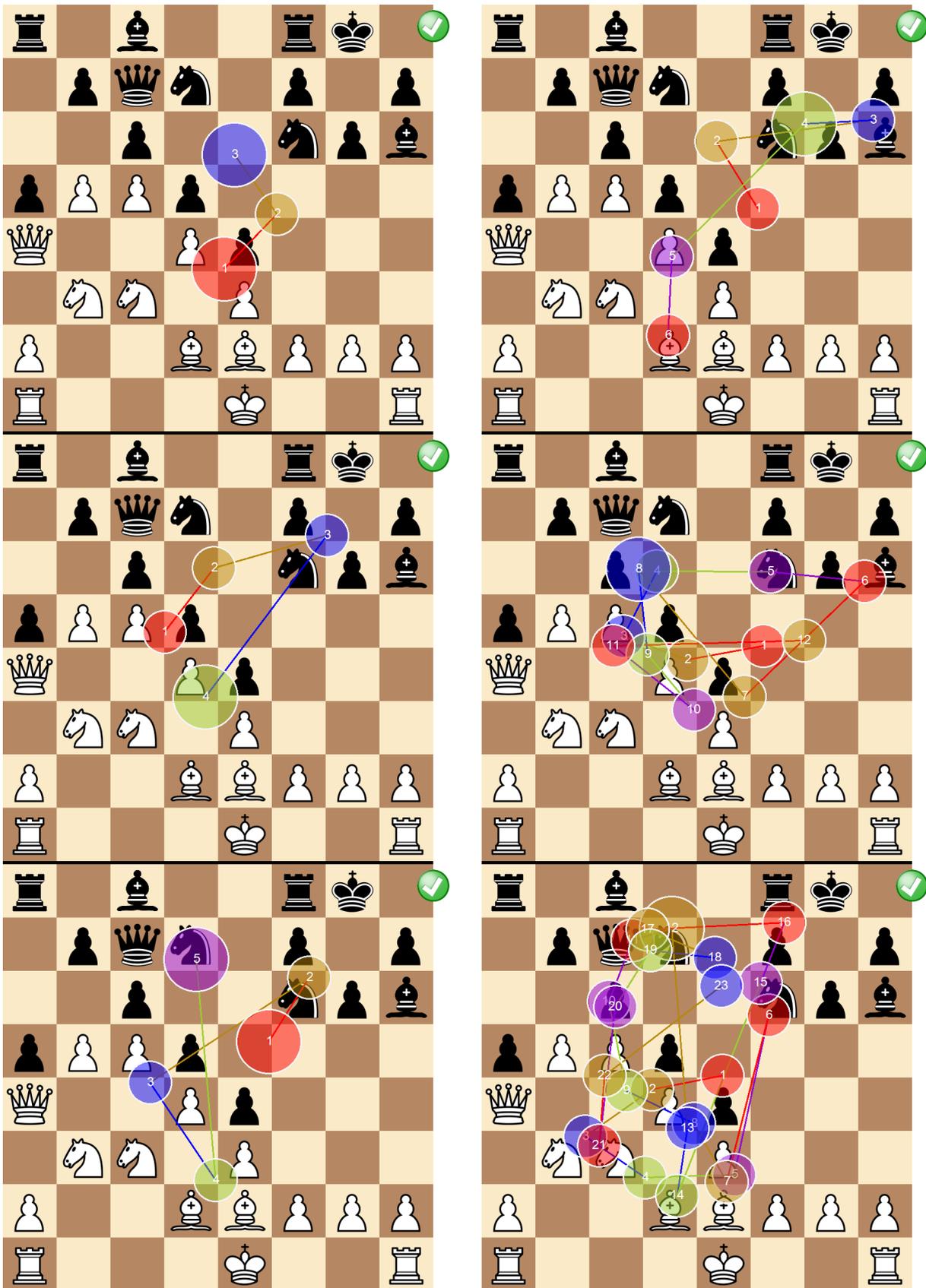
Muito embora os mapas de gaze, apresentados nas Figuras 45 e 46, mostram um aumento significativo no número de fixações em ambos os grupos, a atenção se manteve mais compacta entre os participantes do grupo dos experientes, conforme pode ser observado no mapa de atenção médio exibido na Figura 47

Uma tarefa de rastreamento do tabuleiro não representa uma tarefa corriqueira entre os jogadores, inclusive entre os mais experientes. Desta forma, mesmo os jogadores experientes não estão muito treinados a responder esse tipo de questão. Os tempos médios para a resolução destas questões não apresentou diferença significativa entre os dois grupos: 3,7s para os experientes contra 3,9s para os inexperientes, sendo esta diferença de tempo médio a menor encontrada entre os dois grupos.

Tabela 5 – Resultados da Questão 37.

| Participante | Acertou | Tempo Gasto |
|---------------------|----------------|--------------------|
| P2 | Sim | 1,1s |
| P3 | Sim | 2,1s |
| P4 | Sim | 2,3s |
| P5 | Sim | 2,7s |
| P10 | Sim | 5,1s |
| P23 | Sim | 8,6s |
| P32 | Sim | 3,8s |
| P19 | Sim | 3,8s |
| P15 | Não | 3,8s |
| P11 | Sim | 3,5s |
| P18 | Sim | 4,0s |
| P33 | Sim | 4,3s |

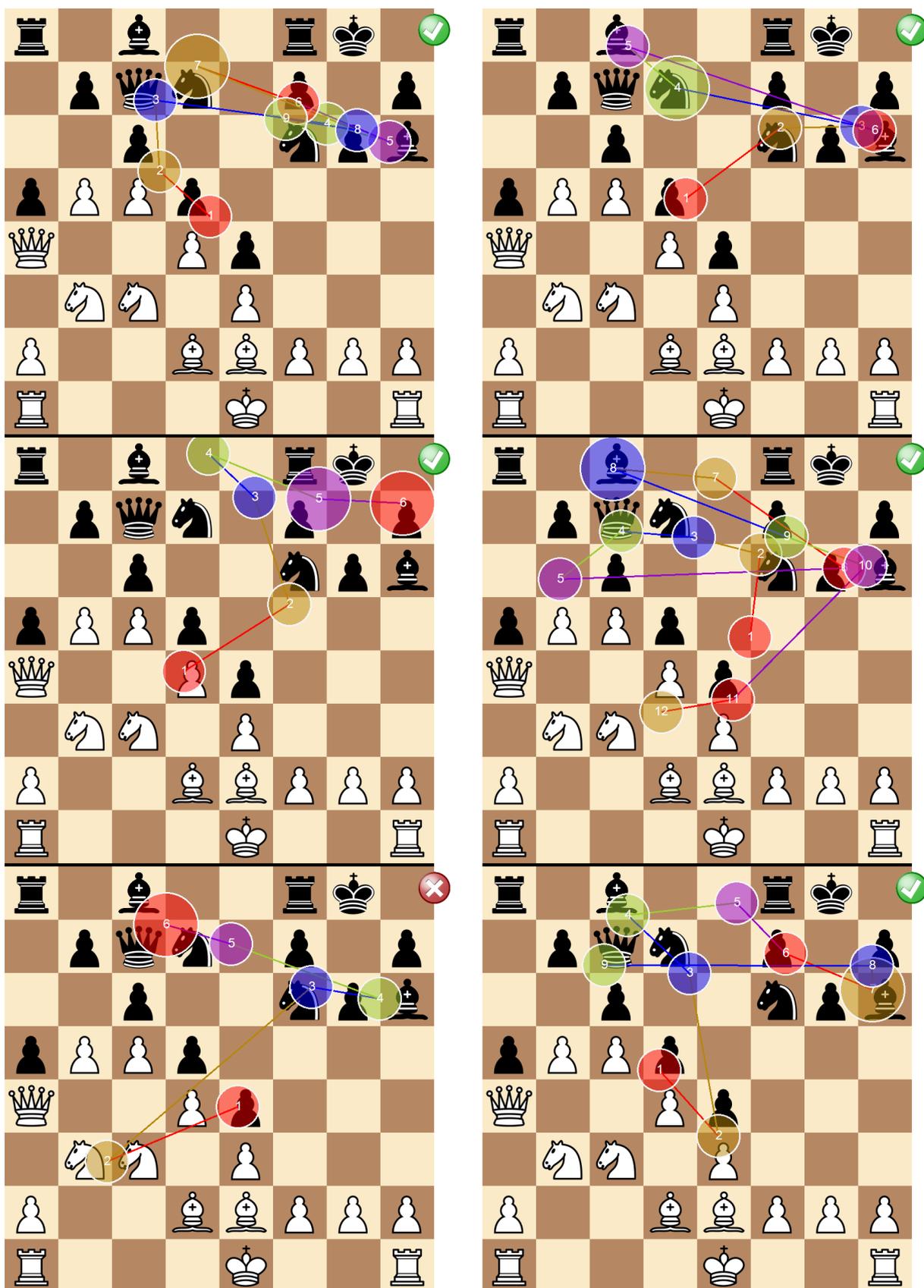
Figura 45 – Mapa scanpath dos participantes experientes para a questão 37.



Fonte: Autor, 2016

Nota: Questão 37: Um BISPO PRETO foi CAPTURADO? (Não)

Figura 46 – Mapa scanpath dos participantes inexperientes para a questão 37.

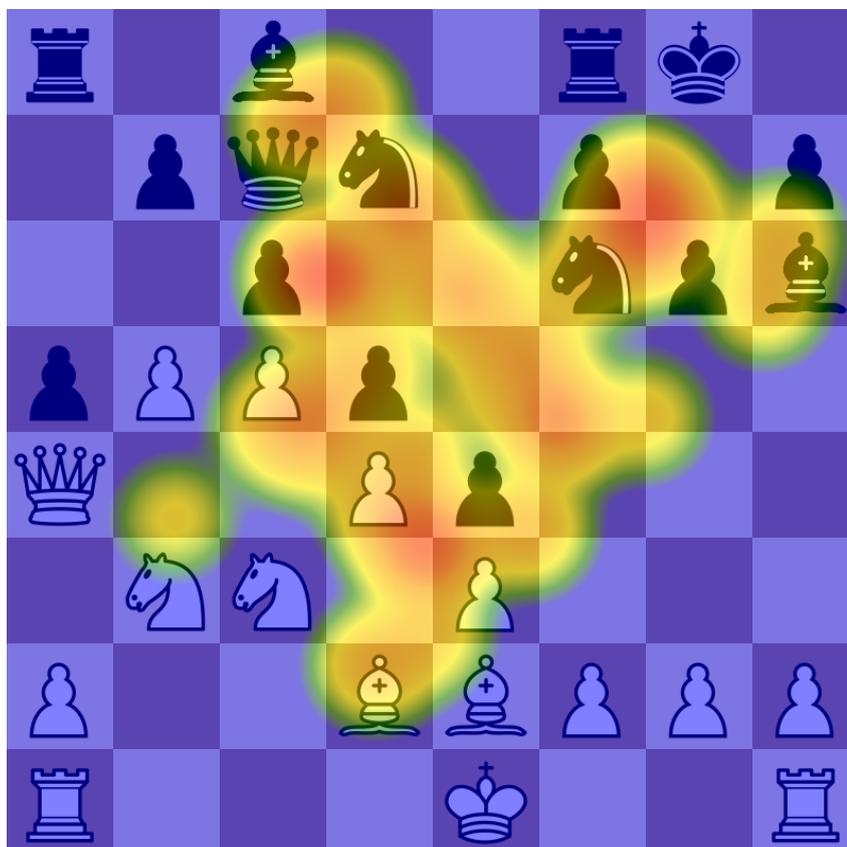


Fonte: Autor, 2016

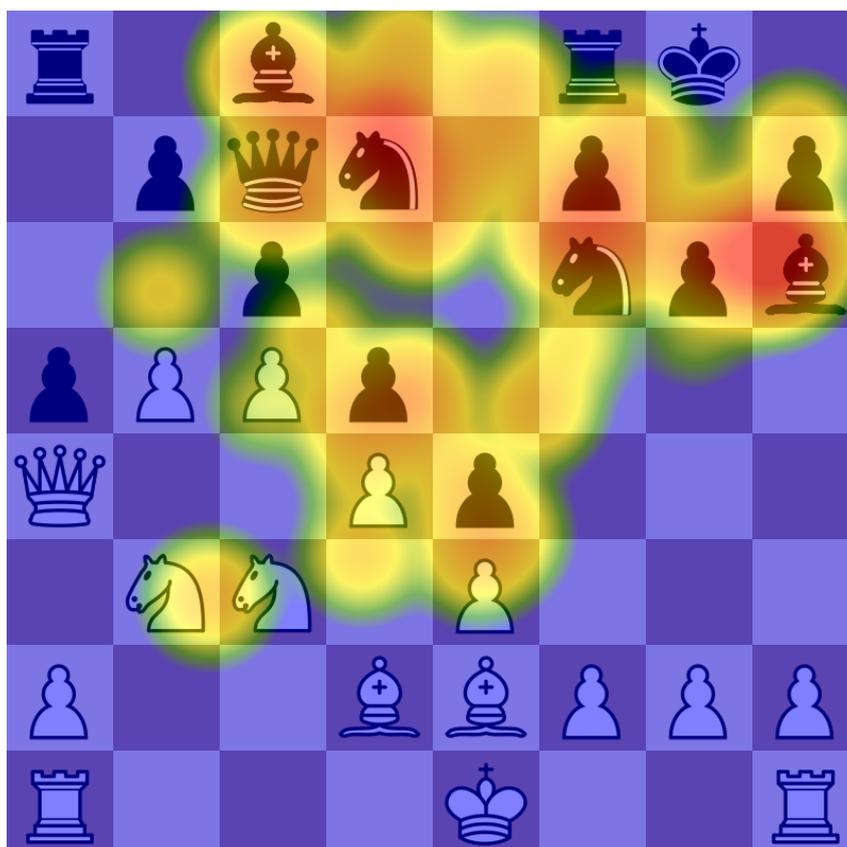
Nota: Questão 37: Um BISPO PRETO foi CAPTURADO? (Não)

Figura 47 – Questão 37: Um BISPO PRETO foi CAPTURADO?

(a) Experientes: Tempo médio Tempo médio: $3,7 \pm 2,8s$



(b) Inexperientes: Tempo médio Tempo médio: $3,9 \pm 0,3s$



Na Tabela 6 são apresentados os resultados para a questão 3, considerada uma questão de dificuldade média.

Os mapas de scanpath podem ser observados nas Figuras 48 e 49. Neste ponto, é visível que os participantes mais experientes encontraram mais dificuldades do que nas questões anteriores, contudo rapidamente perceberam que a solução para a questão estava no cavalo preto à esquerda.

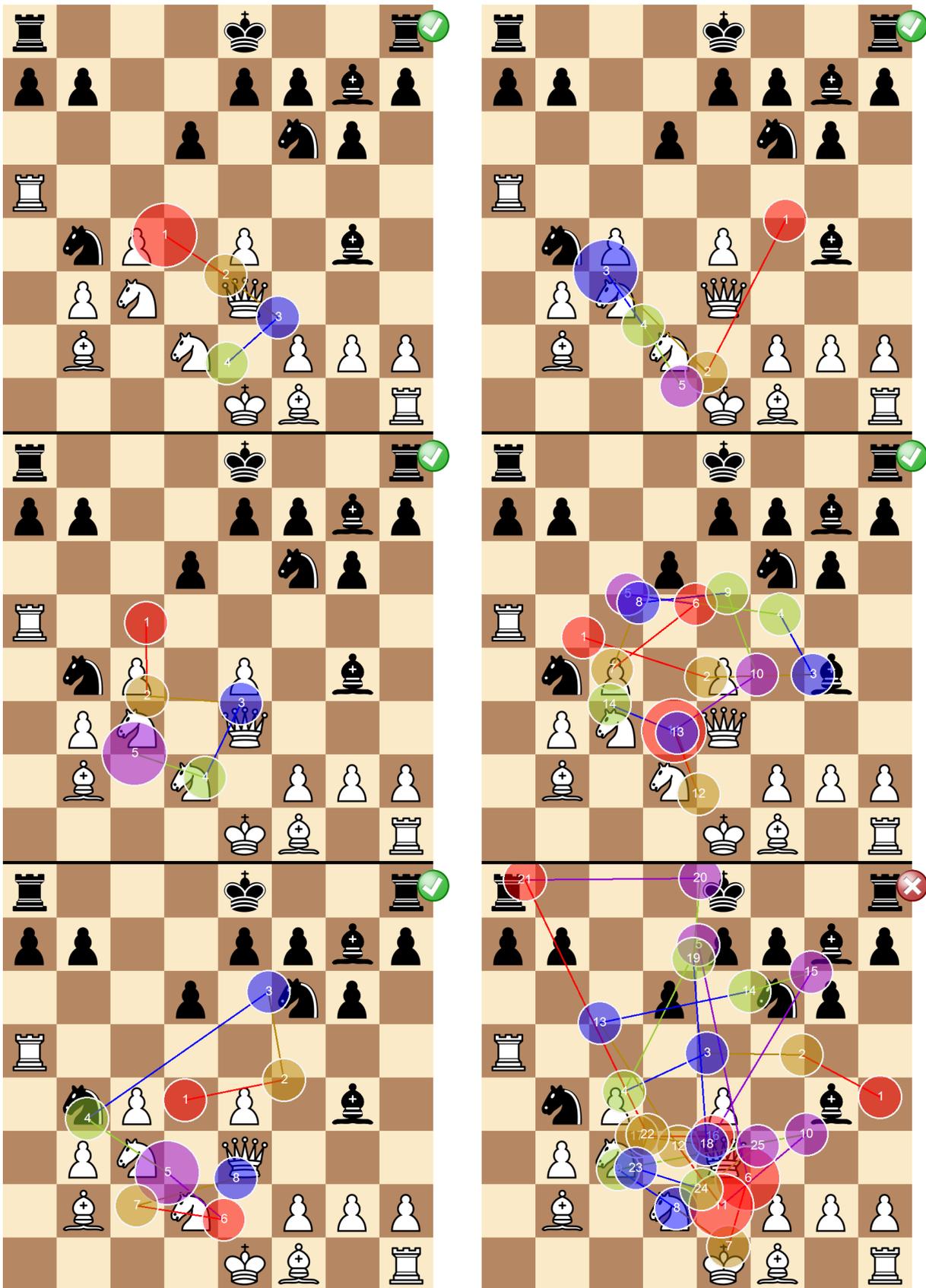
O mapa de atenção visual médio, exibido na Figura 50, mostra um padrão muito mais concentrado para os participantes experientes, com pico de atenção na região onde se encontra a solução, enquanto que os participantes inexperientes apresentaram um padrão muito mais disperso e com enfoque em regiões sem nenhuma importância, como nas proximidades do Bispo preto.

A dificuldade enfrentada por muitos participantes novatos é evidenciada pelo número de fixações bastante elevado neste grupo, além do tempo médio para resolução da questão.

Tabela 6 – Resultados da Questão 3.

| Participante | Acertou | Tempo Gasto |
|---------------------|----------------|--------------------|
| P2 | Sim | 1,9s |
| P3 | Sim | 2,3s |
| P4 | Sim | 4,1s |
| P5 | Sim | 5,5s |
| P10 | Sim | 7,6s |
| P23 | Não | 9,8s |
| P32 | Sim | 10,9s |
| P19 | Sim | 16,3s |
| P15 | Não | 6,6s |
| P11 | Sim | 6,8s |
| P18 | Sim | 14,7s |
| P33 | Não | 37,3s |

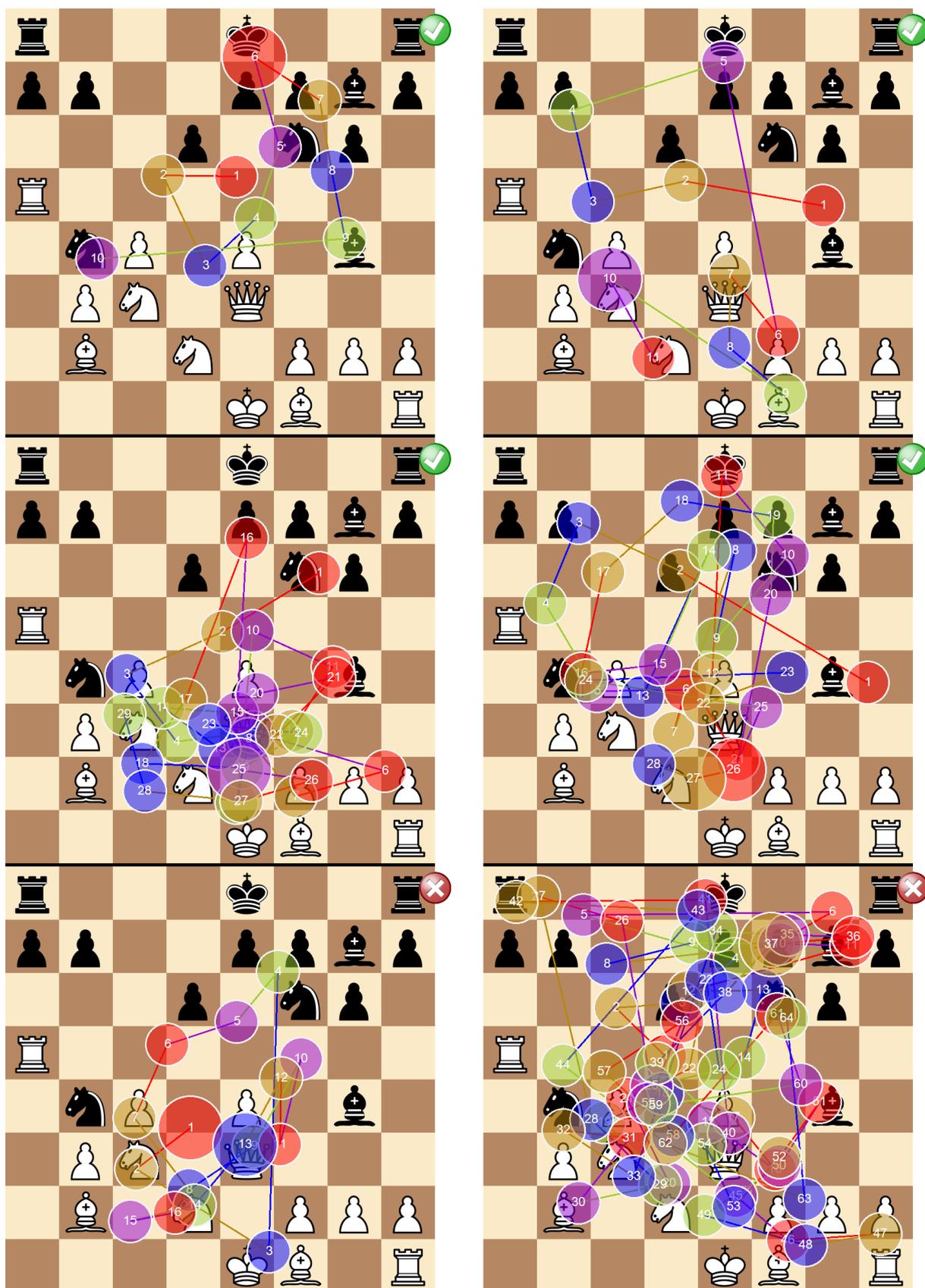
Figura 48 – Mapa scanpath dos participantes experientes para a questão 3.



Fonte: Autor, 2016

Nota: Questão 3: As PRETAS podem dar MATE em UMA jogada? (Não)

Figura 49 – Mapa scanpath dos participantes inexperientes para a questão 3.

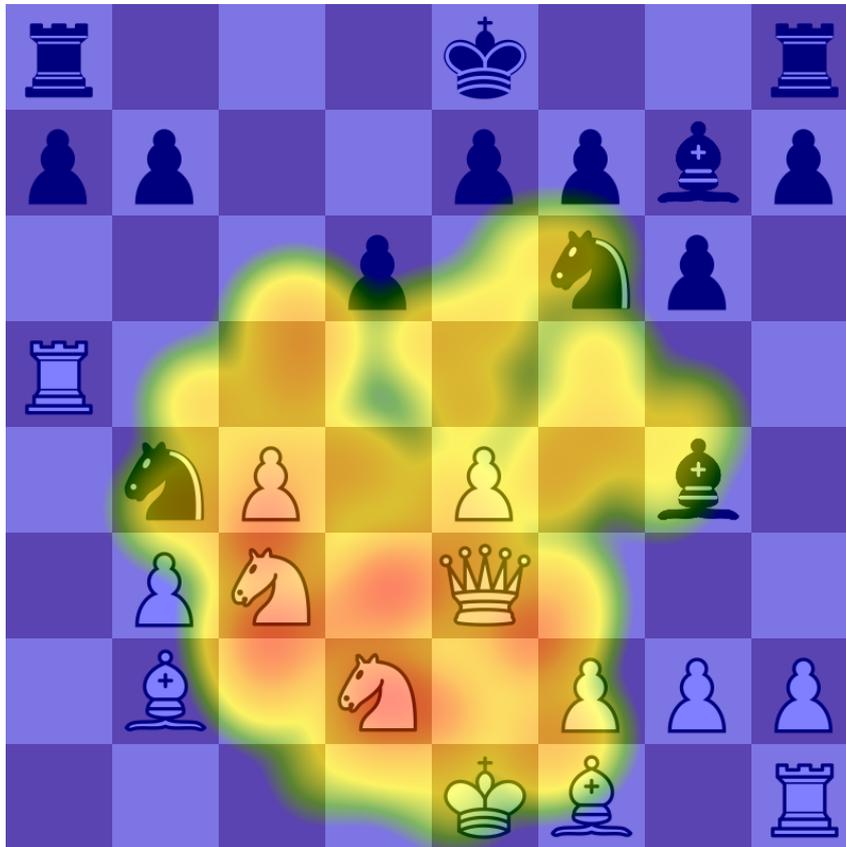


Fonte: Autor, 2016

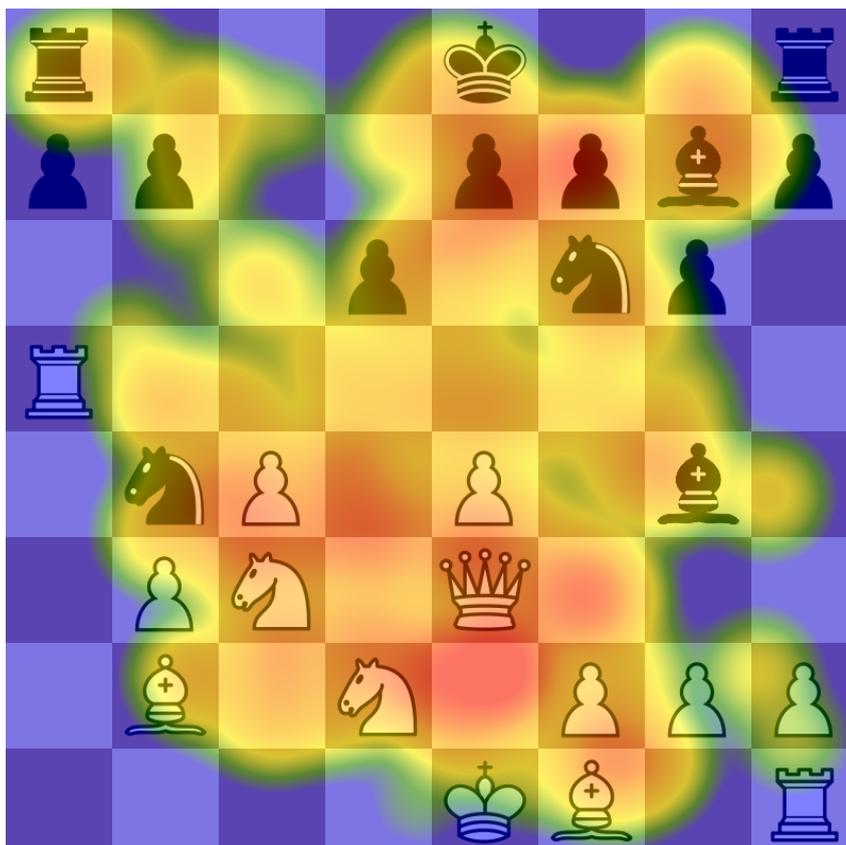
Nota: Questão 3: As PRETAS podem dar MATE em UMA jogada? (Não)

Figura 50 – Questão 3: As PRETAS podem dar MATE em UMA jogada?

(a) Experientes: Tempo médio Tempo médio: $5,2 \pm 3,1s$



(b) Inexperientes: Tempo médio Tempo médio: $15,4 \pm 11,4s$



A questão 19, cujos resultados podem ser observados na Tabela 7, é uma das mais difíceis perguntas apresentadas aos participantes.

A resposta para essa questão exige que o peão branco à esquerda capture o cavalo preto e se promova. Neste caso, o xeque-mate será indireto (pois virá da torre que teve seu caminho liberado pelo movimento do peão), e só será possível com a promoção para um cavalo (única peça que atacaria a posição em F6). Uma promoção para uma peça de valor inferior é uma movimentação incomum e, neste caso, é possível que haja aqui o efeito *einstellung*, discutido no trabalho de Heather Sheridan (SHERIDAN; REINGOLD, 2013).

Os mapas de scanpath dos participantes podem ser observados nas Figuras 51 e 52, estes mostram que, na média, houve um número considerável de fixações em ambos os grupos, porém, impressiona a rapidez com que os três melhores participantes, do grupo dos experientes dispostos na coluna à esquerda, conseguiram resolver a questão.

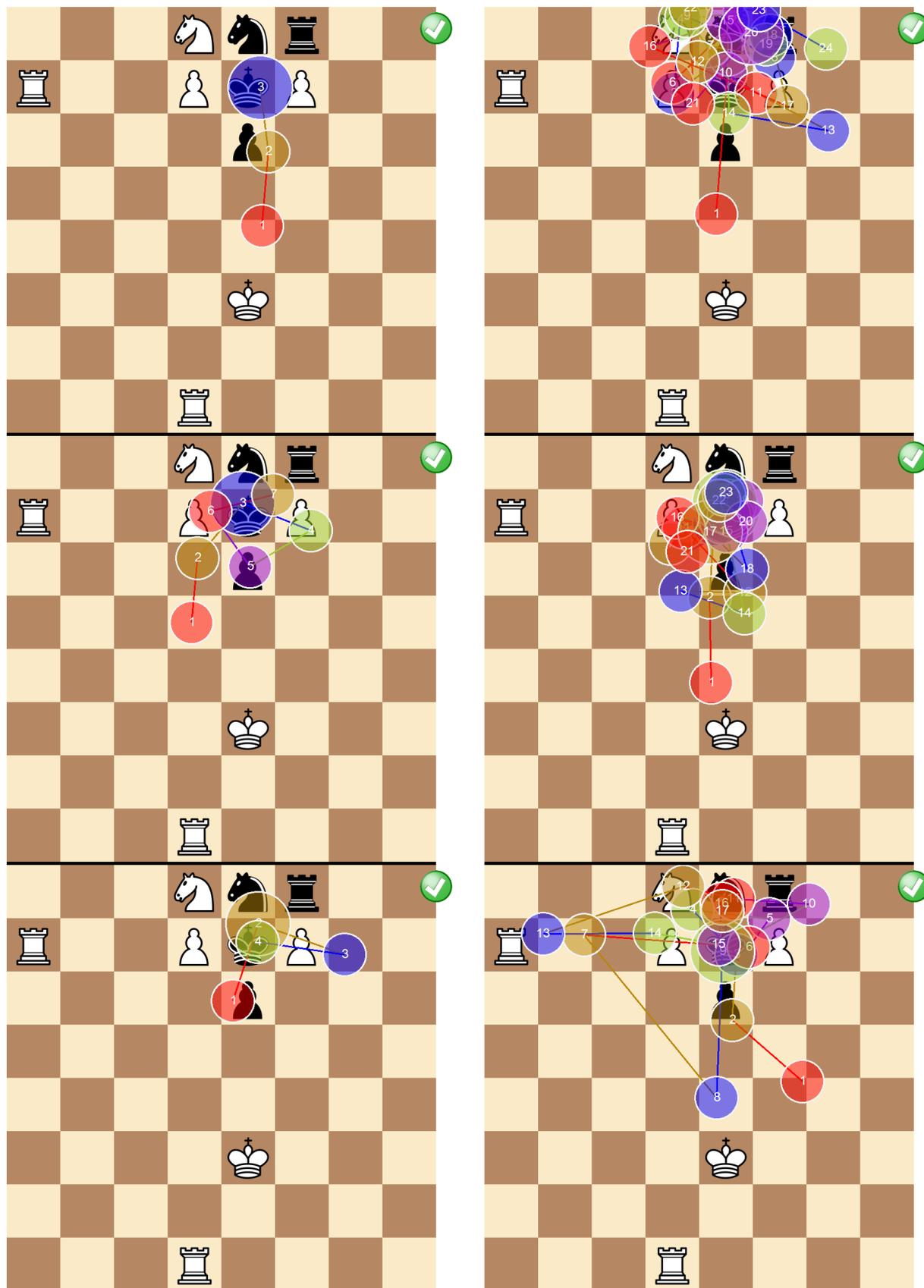
O mapa de atenção visual para esta questão, apresentado na Figura 53, novamente mostra uma região de atenção muito mais compacta para os participantes experientes. Não houve, no entanto, nenhuma fixação direta nas torres (peças essenciais para a solução da questão).

O ótimo desempenho de alguns participantes experientes pode ser uma demonstração do exposto em Sheridan & Reingold (SHERIDAN; REINGOLD, 2014), sobre capacidade de jogadores experientes em reconhecer rapidamente padrões complexos, sobretudo quando envolvem o cavalo (que possui uma movimentação mais complexa que as demais peças).

Tabela 7 – Resultados da Questão 19.

| Participante | Acertou | Tempo Gasto |
|---------------------|----------------|--------------------|
| P2 | Sim | 1,3s |
| P3 | Sim | 3,7s |
| P4 | Sim | 2,8s |
| P5 | Sim | 16,0s |
| P10 | Sim | 26,8s |
| P23 | Sim | 14,8s |
| P32 | Não | 27,3s |
| P19 | Não | 14,3s |
| P15 | Não | 22,8s |
| P11 | Sim | 3,5s |
| P18 | Não | 14,9s |
| P33 | Sim | 21,7s |

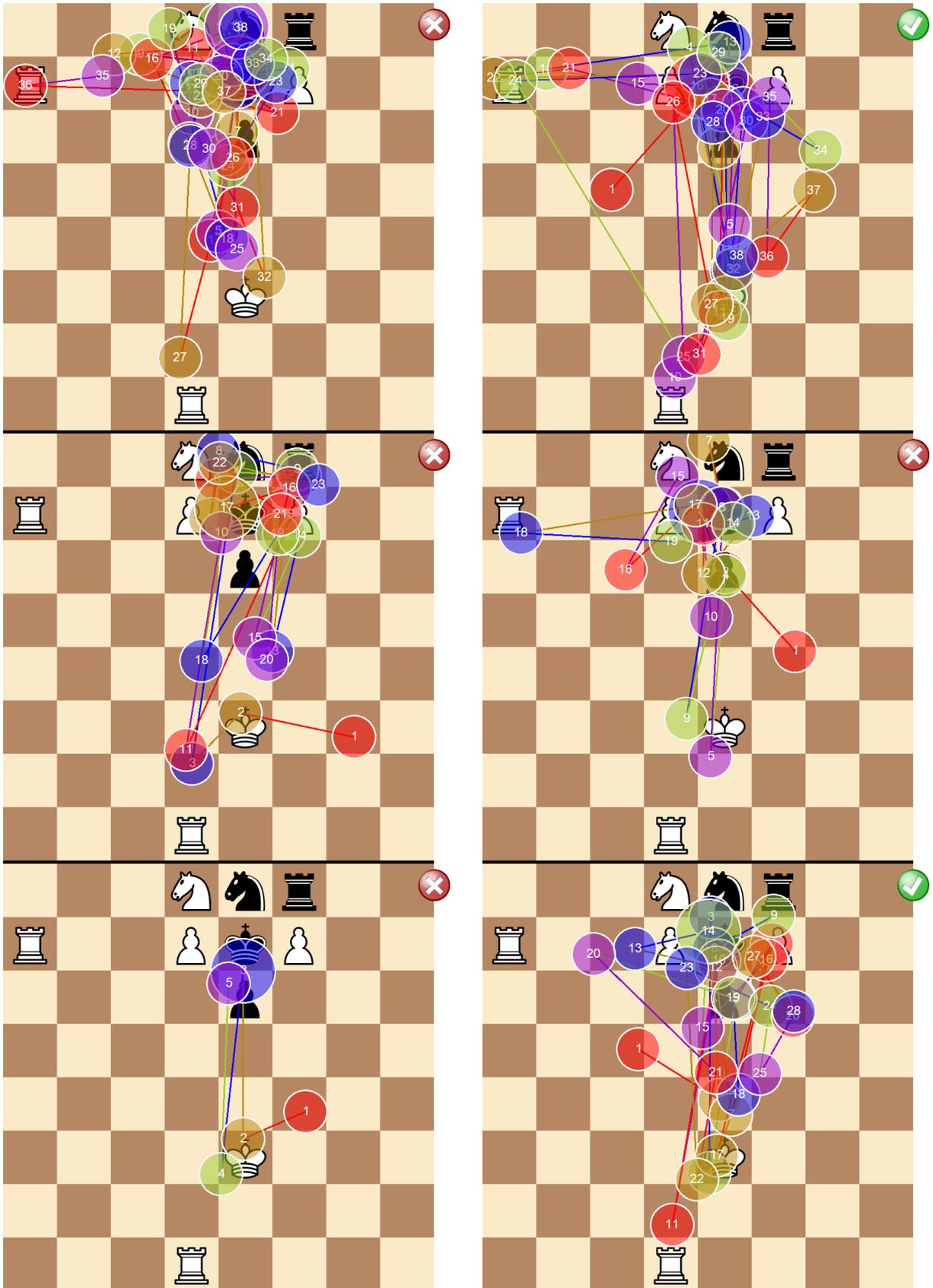
Figura 51 – Mapa scanpath dos participantes experientes para a questão 19.



Fonte: Autor, 2016

Nota: Questão 19: As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada? (Sim)

Figura 52 – Mapa scanpath dos participantes inexperientes para a questão 19.

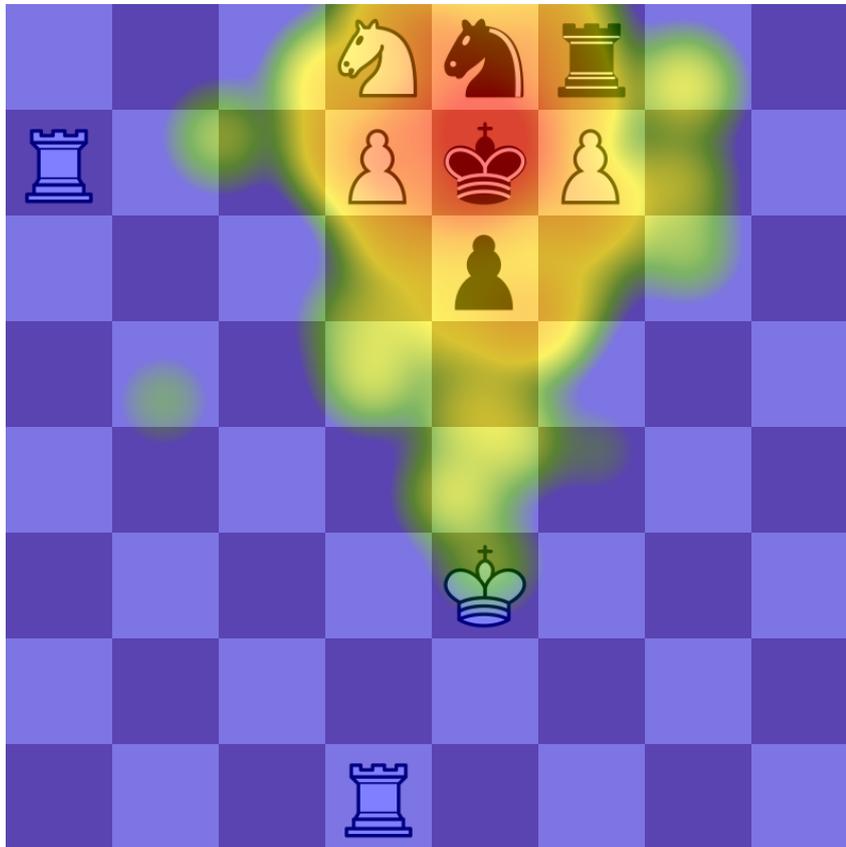


Fonte: Autor, 2016

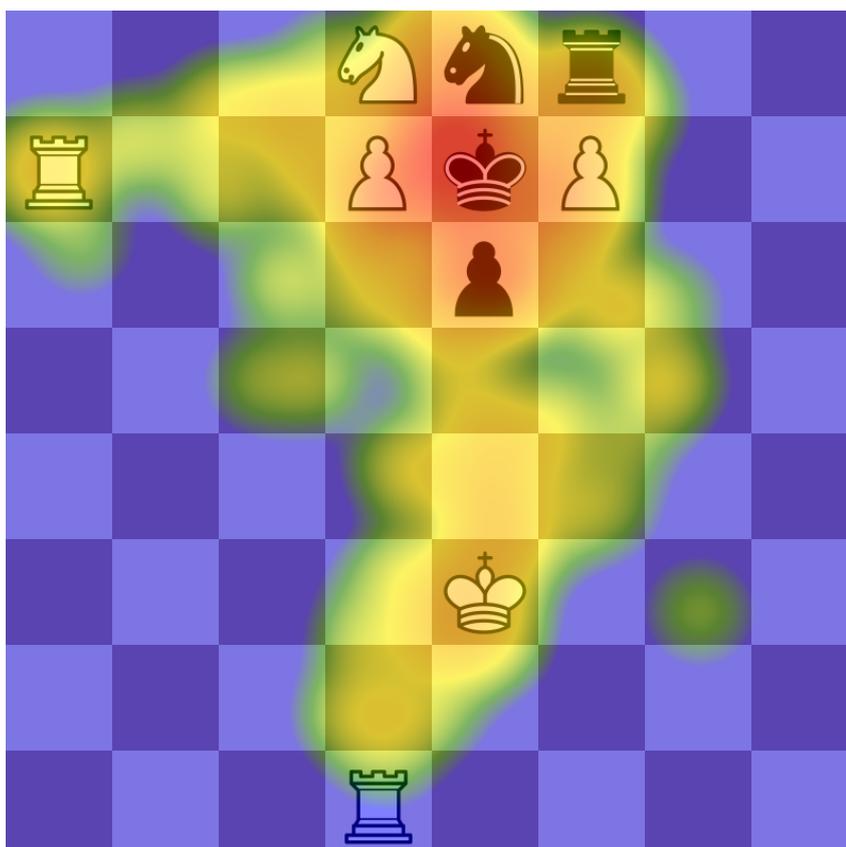
Nota: Questão 19: As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada? (Sim)

Figura 53 – Questão 19: As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada?

(a) Experientes: Tempo médio Tempo médio: $10,9 \pm 10s$



(b) Inexperientes: Tempo médio Tempo médio: $17,4 \pm 8,4s$



7 CONCLUSÃO

A realização deste experimento e a implementação da ferramenta computacional permitiram uma compreensão dos processos envolvidos na aquisição e no processamento de sinais de rastreamento do movimento ocular, principalmente aplicados ao ambiente do xadrez. Por esta razão, o trabalho realizado atingiu os seus objetivos, possibilitando a disponibilização de informações, técnicas e algoritmos para facilitar a elaboração de novas ferramentas para pesquisas acadêmicas, que sejam mais acessíveis tecnicamente aos pesquisadores e que possam ser adaptadas para diversos objetivos de pesquisa e áreas do conhecimento.

Os resultados do experimento mostraram importantes diferenças nos padrões do movimento ocular entre jogadores experientes e novatos. Esta diferença, visualmente perceptível nos gráficos gerados pelo CHESSLAB, são similares às diferenças encontradas na literatura: em geral, os jogadores inexperientes apresentam maior dispersão da atenção, maior número de fixações e menor atenção em peças relevantes para a jogada. Isto mostra que a ferramenta atendeu de maneira satisfatória às necessidades do experimento, mesmo não sendo pretensão deste trabalho chegar a uma ferramenta acabada e definitiva de aquisição e processamento de sinais.

A implementação do CHESSLAB permitiu estruturar e aplicar os testes, adquirir de forma precisa os sinais vindos do dispositivo Tobii (responsável pela captura dos movimentos oculares dos participantes), estabilizar os sinais dos movimentos oculares captados e criar representações gráficas fiéis ao comportamento dos participantes. O processo da investigação e implementação do CHESSLAB gerou a compreensão almejada dos processos de aquisição e processamento de sinais.

Como trabalhos futuros são vislumbradas as seguintes possibilidades:

- a) classificação dos padrões do movimento ocular, com o propósito de encontrar características discriminantes em função da experiência do jogador;
- b) implementação de outros algoritmos conhecidos para a detecção de fixações. Comparação entre eles, com o objetivo de verificar os mais adequados para as tarefas relacionadas ao jogo de xadrez;
- c) implementação de algoritmos para a detecção de outros eventos, tais como as glissadas e as microssacadas, e compreensão destes efeitos em jogadas de xadrez;

- d) desenvolvimento de interface com boa usabilidade para pesquisadores não técnicos, para que possam criar de forma independente experimentos customizados às suas necessidades e áreas de conhecimento;
- e) elaboração de novos algoritmos de visualização de dados, que possam representar as informações coletadas, de acordo com as diversas necessidades das pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ACUITY ETS. **Cristiano wearing the Dikablis wireless eye tracker**. 2011. Disponível em: <<https://acuityets.files.wordpress.com/2011/09/capture.png>>. Acesso em: 2016, June 04.
- AMIDZIC, O. et al. Pattern of focal γ -bursts in chess players. **Nature**, Nature Publishing Group, London, v. 412, n. 6847, p. 603–603, August 2001.
- BILALIĆ, M.; MCLEOD, P.; GOBET, F. Inflexibility of experts—reality or myth? quantifying the einstellung effect in chess masters. **Cognitive Psychology**, New York, v. 56, n. 2, p. 73 – 102, 2008. ISSN 0010-0285.
- BILALIĆ, M.; MCLEOD, P.; GOBET, F. Why good thoughts block better ones: The mechanism of the pernicious einstellung (set) effect. **Cognition**, Elsevier, Amsterdam, v. 108, n. 3, p. 652–661, 2008.
- BINET, A. **Psychologie des grands calculateurs et joiers d'échecs**. Hachette, 1894. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=w64NAAAAYAAJ>>. Acesso em: 2016, June 04.
- BLASCHECK, T. et al. State-of-the-art of visualization for eye tracking data. In: EUROGRAPHICS CONFERENCE ON VISUALIZATION (EUROVIS), 2014, SWANSEA. **Proceedings of EuroVis**. Swansea: The Eurographics Associations, 2014.
- BLIGNAUT, P. J.; BEELDERS, T. R.; SO, C. The visual span of chess players. In: **ACM. Proceedings of the 2008 symposium on Eye tracking research & applications**. Savannah, 2008. p. 165–171.
- BRAINARD, D. H. The psychophysics toolbox. **Spatial Vision**, v. 10, p. 433–436, 1997.
- CAMPITELLI, G. et al. Integration of perceptual input and visual imagery in chess players: evidence from eye movements. **Swiss Journal of Psychology/Schweizerische Zeitschrift für Psychologie/Revue Suisse de Psychologie**, Verlag Hans Huber, Bern, v. 66, n. 4, p. 201, 2007.
- CARPENTER, R. H. **Movements of the eyes**: 2nd rev. [S.l.]: Pion, 1988.
- CARRITHERS, C.; BEVER, T. G. Eyefixation patterns during reading confirm theories of language comprehension. **Cognitive Science**, v. 8, n. 2, p. 157–172, April 1984. Disponível em: <<http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/1984v08/i02/p0157p0172/MAIN.PDF>>. Acesso em: 2016, June 04.
- CESAR, F. H.; ROCHA, F. T.; THOMAZ, C. E. Chesslab: Um arcabouço computacional para aquisição e processamento de sinais de rastreamento ocular em jogadas de xadrez. In: RIOS, R. A.; PAIVA, A. (Ed.). **Proceedings...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação,

2015. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sibgrapi/2015/07.15.01.06>>. Acesso em: 2016, June 04.

CHARNESS, N. et al. The perceptual aspect of skilled performance in chess: evidence from eye movements. **Memory & Cognition**, Springer, Austin, v. 29, n. 8, p. 1146–1152, 2001. ISSN 1532-5946.

CHASE, W. G.; SIMON, H. A. Perception in chess. **Cognitive Psychology**, New York, v. 4, n. 1, p. 55 – 81, 1973. ISSN 0010-0285.

CHESSBASE. **Eye movement experiments with GMs (here Andras Adorjan and Helmut Pfleger)**. 2006. Disponível em: <<http://en.chessbase.com/portals/4/files/news/2006/degroot03.jpg>>. Acesso em: 2016, June 04.

CONSORTWORLD. **Tobii eyetracking products**. 2013. Disponível em: <<http://www.consortworld.com/files/tobii%20pro%20-%20ET%20systems.jpg>>. Acesso em: 2016, June 04.

CORBETTA, M. et al. A common network of functional areas for attention and eye movements. **Neuron**, Elsevier, Cambridge, Massachusetts, v. 21, n. 4, p. 761–773, 1998.

DALMAIJER, E. S.; MATHÔT, S.; STIGCHEL, S. Van der. Pygaze: An open-source, cross-platform toolbox for minimal-effort programming of eyetracking experiments. **Behavior research methods**, Springer, [S.l.], v. 46, n. 4, p. 913–921, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9808463>>. Acesso em: 2016, June 04.

DUCHOWSKI, A. T. A breadth-first survey of eye-tracking applications. **Behavior Research Methods, Instruments, & Computers**, Springer, v. 34, n. 4, p. 455–470, 2002. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.3758/BF03195475>>. Acesso em: 2016, June 04.

DUCHOWSKI, A. T. **Eye Tracking Methodology: theory and practice**. Secaucus, NJ: Springer-Verlag, 2007.

ELO, A. E. **The rating of chessplayers, past and present**. New York: Arco Pub., 1978. Disponível em: <<http://www.amazon.com/Rating-Chess-Players-Past-Present/dp/0668047216>>. Acesso em: 2016, June 04.

ENSMENGER, N. Is chess the drosophila of artificial intelligence? A social history of an algorithm. **Social Studies of Science**, SAGE Publications, Beverly Hills, v. 42, n. 1, p. 5–30, feb 2012. ISSN 1460-3659.

FERHAT, O.; VILARINO, F.; SÁNCHEZ, F. A cheap portable eye-tracker solution for common setups. **Journal of Eye Movement Research**, Bern, v. 7, n. 3, p. 2, 2014.

FINE, R. **The psychology of the chess player**. New York: Dover Publications, 1967. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=DQUZAQAAIAAJ>>. Acesso em:

2016, June 04.

GAUR, R. P.; JARIWALA, K. N. A survey on methods and models of eye tracking, head pose and gaze estimation. **Journal of Emerging Technologies and Innovative Research**, [S.l.], v. 1, n. 5, October 2014. Disponível em: <<http://www.jetir.org/papers/JETIR1405004.pdf>>. Acesso em: 2016, June 04.

GOBET, F.; SIMON, H. A. Five seconds or sixty? presentation time in expert memory. **Cognitive Science**, Norwood, v. 24, n. 4, p. 651 – 682, 2000. ISSN 0364-0213. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0364021300000318>>.

GRABNER, R. H.; NEUBAUER, A. C.; STERN, E. Superior performance and neural efficiency: The impact of intelligence and expertise. **Brain research bulletin**, Elsevier, [S.l.], v. 69, n. 4, p. 422–439, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0361923006000530>>. Acesso em: 2016, June 04.

GROOT, A. D. **Thought and Choice in Chess**. The Hague: Mouton, 1965.

GROOT, A. D. D.; GOBET, F.; JONGMAN, R. W. **Perception and memory in chess: studies in the heuristics of the professional eye**. [S.l.]: Van Gorcum, 1996.

HERMENS, F.; FLIN, R.; AHMED, I. Eye movements in surgery: a literature review. **Journal of Eye Movement Research**, Bern, v. 6, n. 4, 2013.

HOLMQVIST, K. et al. **Eye Tracking: a comprehensive guide to methods and measures**. Oxford University Press, 2011. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=5rIDPV1EoLUC>>.

HOLMQVIST, K.; NYSTRÖM, M.; MULVEY, F. Eye tracker data quality: What it is and how to measure it. In: SPENCER, S. N. (Ed.). **Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications**. New York: ACM, 2012. (ETRA '12), p. 45–52. ISBN 978-1-4503-1221-9. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2168556.2168563>>.

HRISTOVA, D.; GUID, M.; BRATKO, I. Toward modeling task difficulty: The case of chess. In: **COGNITIVE 2014, The Sixth International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications**. [S.l.]: IARIA, 2014. p. 211–214.

HUEY, E. B. **The psychology and pedagogy of reading: with a review of the history of reading and writing and of methods, texts, and hygiene in reading**. [S.l.]: The Macmillan company, 1908.

JONGMAN, R. **Het Oog van de meester: een experimenteel-psychologisch onderzoek naar waarnemingsprestaties van schaakmeesters en ongeoeffende schakers**. [S.l.]: Van Gorcum, 1968.

JUST, M. A.; CARPENTER, P. A. A theory of reading: from eye fixations to comprehension.

Psychol Rev, Washington, DC, v. 87, n. 4, p. 329–354, Jul 1980.

KARPOV, A.; PODGAETS, M.; ADAMS, J. **Caro-Kann Defence: Panov Attack**. [S.l.]: Batsford, 2006.

LAPPE, C. Eye movements: A window on mind and brain. **International Journal of Psychophysiology**, Elsevier, Amsterdam, v. 69, n. 3, p. 163–164, 2008.

LEVINSON, R. et al. The role of chess in artificial intelligence research. In: MYLOPOULOS, J.; REITER, R. (Ed.). **Proceedings of the 12th International Joint Conference on Artificial Intelligence**. Sydney: Morgan Kaufmann, 1991. p. 547–552. Disponível em: <<http://dblp.uni-trier.de/db/conf/ijcai/ijcai91.html#LevinsonHMSW91>>. Acesso em: 2016, June 04.

MANN, M. et al. Chess-playing epilepsy: a case report with video-eeG and back averaging. **Epileptic disorders**, Montrouge, v. 6, n. 4, p. 293–296, 2004.

METROVISION. **Électro-oculographie**. 2016. Disponível em: <http://www.metrovision.fr/images/480x300/EO_01.jpg?i=8886>. Acesso em: 2016, June 04.

MORIMOTO, C. H.; MIMICA, M. R. Eye gaze tracking techniques for interactive applications. **Computer Vision and Image Understanding**, San Diego, v. 98, n. 1, p. 4 – 24, 2005. ISSN 1077-3142. Special Issue on Eye Detection and Tracking.

NICHELLI, P. et al. Brain activity in chess playing. **Nature**, [S.l.], v. 369, n. 6477, p. 191, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/369191a0>>. Acesso em: 2016, June 04.

OBJECTIVE EXPERIENCE. **Eyetracking**. 2015. Disponível em: <<http://objectiveexperience.com.au/wp-content/themes/jnext/images/eyetracking.jpg>>. Acesso em: 2016, June 04.

PACHMAN, L. **Modern Chess Strategy**. [S.l.]: Dover Publications, 1971.

PEIRCE, J. W. Psychopy—psychophysics software in python. **Journal of Neuroscience Methods**, Amsterdam, v. 162, n. 1–2, p. 8 – 13, 2007. ISSN 0165-0270.

POLGÁR, L. **Chess: 5334 problems, combinations, and games**. [S.l.]: Black Dog & Leventhal, 1995.

REINGOLD, E. M.; CHARNESS, N. Perception in chess: Evidence from eye movements. **Cognitive processes in eye guidance**, Oxford University Press, Oxford, p. 325–354, 2005.

REINGOLD, E. M. et al. Visual span in expert chess players: evidence from eye movements. **Psychological Science**, SAGE Publications, New York, v. 12, n. 1, p. 48–55, 2001.

REINGOLD, E. M. et al. Perceptual automaticity in expert chess players: parallel encoding of

chess relations. **Psychonomic Bulletin & Review**, Springer, Austin, v. 8, n. 3, p. 504–510, 2001.

REINGOLD, E. M.; SHERIDAN, H. Eye movements and visual expertise in chess and medicine. **Oxford handbook on eye movements**, Oxford University Press Oxford, UK, p. 528–550, 2011.

REY, M. et al. [reflex epilepsy with seizures induced by mental calculation, playing chess and scrabble]. **Revue neurologique**, Paris, v. 152, n. 2, p. 116–120, 1996.

ROCHA, F. T. et al. Eeg acquisition and processing for cognitive brain mapping during chess problem solving. **IEEE Latin America Transactions**, [S.l.], v. 14, n. 3, p. 1129–1134, March 2016. ISSN 1548-0992. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=7459589&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D7459589>. Acesso em: 2016, June 04.

SALVUCCI, D. D.; GOLDBERG, J. H. Identifying fixations and saccades in eye-tracking protocols. In: **Proceedings of the 2000 Symposium on Eye Tracking Research & Applications**. New York, NY, USA: ACM, 2000. (ETRA '00), p. 71–78. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/355017.355028>>.

SHERIDAN, H.; REINGOLD, E. Chess players eye movements reveal rapid recognition of complex visual patterns. **Journal of Vision**, Association for Research in Vision and Ophthalmology, Charlottesville, VA, v. 14, n. 10, p. 89–89, 2014.

SHERIDAN, H.; REINGOLD, E. M. The mechanisms and boundary conditions of the Einstellung effect in chess: evidence from eye movements. **PloS one**, Public Library of Science, [S.l.], v. 8, n. 10, p. e75796, 2013. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0075796>>. Acesso em: 2016, June 04.

SHERIDAN, H.; REINGOLD, E. M. Expert vs. novice differences in the detection of relevant information during a chess game: evidence from eye movements. **Frontiers in psychology**, Frontiers Media, Pully, v. 5, 2014.

SILVA, W. D. **Xadrez para todos**. [S.l.]: Bolsa do Livro, 2011.

SIMON, H. A.; BARENFELD, M. Information-processing analysis of perceptual processes in problem solving. **Psychological Review**, American Psychological Association, Washington, DC, v. 76, n. 5, p. 473, 1969.

SIMON WILLIAMS. **EEG of my brain whilst playing chess for horizon bbc**. 2010. Disponível em: <<http://www.gingergm.com/perch/resources/116-w640h480-1-w640h480.jpg>>. Acesso em: 2016, June 04.

TIKHOMIROV, O. K.; POZNYANSKAYA, E. D. An investigation of visual search as a means of analyzing heuristics. **Soviet Psychology**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 3–15, 1966. Disponível em:

<<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2753/RPO1061-040505023>>. Acesso em: 2016, June 04.

VOLKE, H.-J. et al. On-coupling and off-coupling of neocortical areas in chess experts and novices as revealed by evoked eeg coherence measures and factor-based topological analysis—a pilot study. **Journal of Psychophysiology**, Hogrefe & Huber, Amsterdam, v. 16, n. 1, p. 23, 2002.

WANG, F. et al. The perceptual differences between experienced chinese chess players and novices: Evidence from eye movement. **Acta Psychologica Sinica**, Acta Psychologica Sinica, Amsterdam, v. 48, n. 5, p. 457, 2016. Disponível em: <http://118.145.16.229:81/Jweb_xlxb/EN/abstract/article_14642.shtml>.

WHITMAN COLLEGE. **Jeremy Norden'12 tests out the EyeSee Cam**. 2012. Disponível em: <<http://facultynewsbriefs.whitman.edu/post/24014097254>>. Acesso em: 2016, June 04.

WIKIPEDIA. **Diagrama esquemático do olho humano**. 2007. Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8a/Schematic_diagram_of_the_human_eye_pt.svg/416px-Schematic_diagram_of_the_human_eye_pt.svg.png>. Acesso em: 2016, June 04.

WINIKOFF, A. **Eye Movements as an Aid to Protocol Analysis of Problem Solving Behavior**. Pittsburgh: Carnegie Institute of Technology, 1967. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=5_cYnQEACAAJ>.

YARBUS, A. L. **Eye Movements and Vision**. New York: Plenum, 1967.

YOUTUBE . **Eye Tracking and Driver Physiology**. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=8c44WNOTuPw>>. Acesso em: 2016, June 04.

YOUTUBE. **Cristiano Ronaldo tested to the limit**. 2011. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=t03LHpeWnpA>>. Acesso em: 2016, June 04.

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO

LABORATÓRIO DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FEI

Pesquisador Responsável: Carlos Eduardo Thomaz

Endereço: Avenida Humberto de Alencar Castelo Branco, 3972, Sala k5-01

CEP: 09850-901 - São Bernardo do Campo - SP

Fone: (11) 4353-2910 ramal: 2183 - E-mail: cet@fei.edu.br

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto de pesquisa: "Extração de características discriminantes dos movimentos oculares em partidas de xadrez". O objetivo do presente projeto é estudar as principais diferenças entre os padrões de movimentos oculares entre enxadristas de diferentes níveis de proficiência em xadrez.

Você está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. Para este estudo, você responderá, no computador, a uma série de perguntas sobre o jogo de xadrez, enquanto os seus movimentos oculares são registrados. Nesta pesquisa a aquisição dos movimentos oculares não tem objetivo diagnóstico. Seu nome ou material que indique a sua pessoal participação não serão liberados a terceiros. O(A) Sr(a). não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será instruído(a) sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, no Laboratório de Processamento de Imagens do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Universitário da FEI em São Bernardo do Campo, e a outra será fornecida a você.

Eu, _____, portador do documento de Identidade _____, concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário(a) do projeto supracitado. Declaro que fui informado(a) dos objetivos do estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

São Bernardo do Campo, _____ de _____ de _____.

Assinatura participante

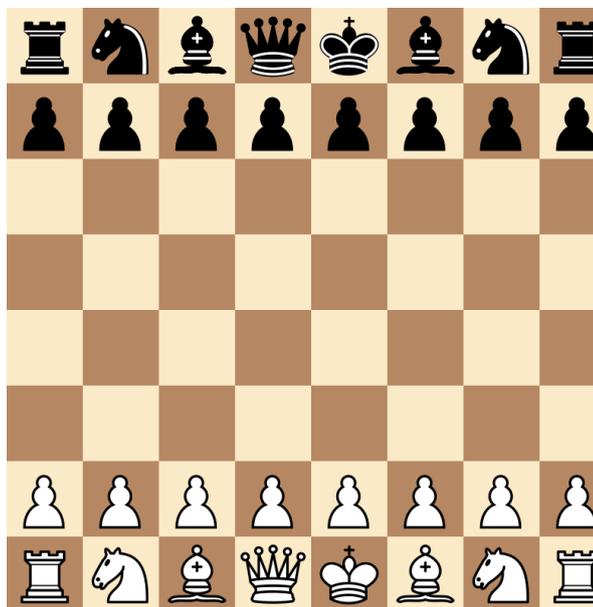
Assinatura pesquisador

ANEXO B – QUESTÕES DO TESTE DE PROFICIÊNCIA

1) O tabuleiro encontra-se na POSIÇÃO INICIAL. Você consegue identificar todas as peças?

Categoria: -

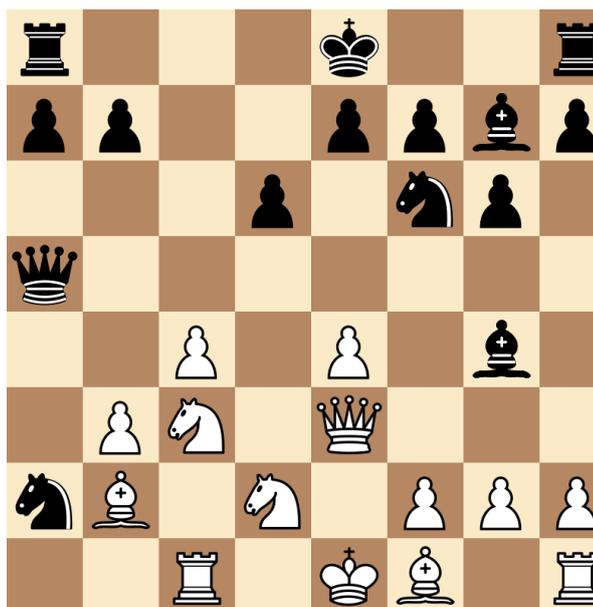
Resposta: Sim



2) AMBOS os jogadores possuem a MESMA QUANTIDADE de PEÕES?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

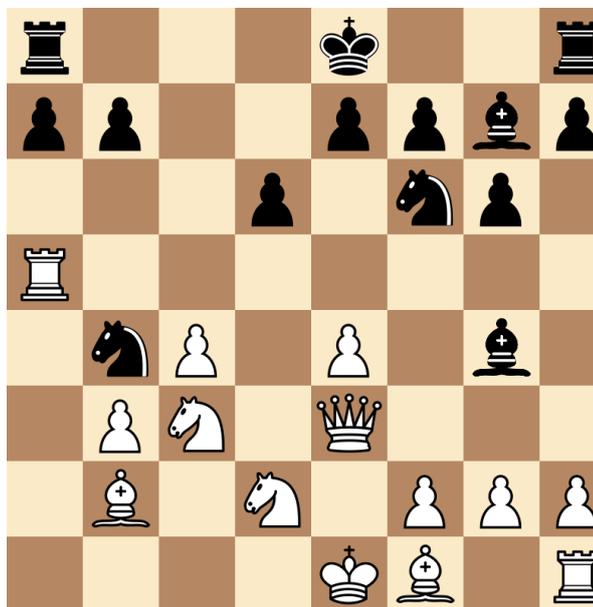
Resposta: Não



3) As PRETAS podem dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

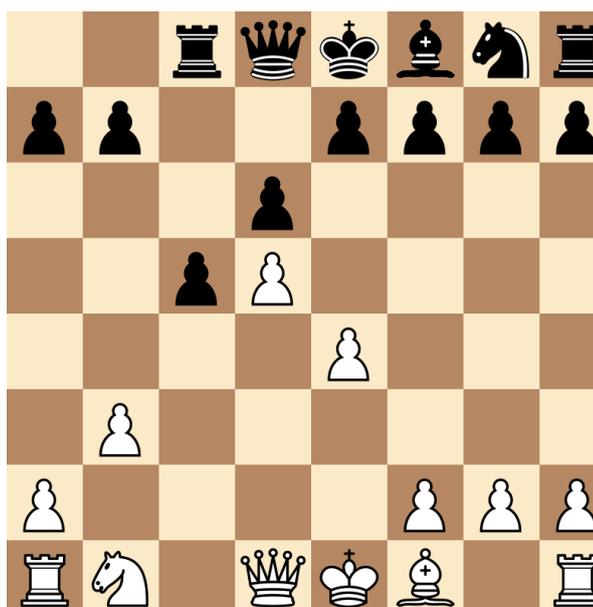
Resposta: Sim



4) O tabuleiro apresenta a situação conhecida como BISPOS DE CORES OPOSTAS?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

Resposta: Sim



5) É possível CAPTURAR um CAVALO PRETO com a peça em C3?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

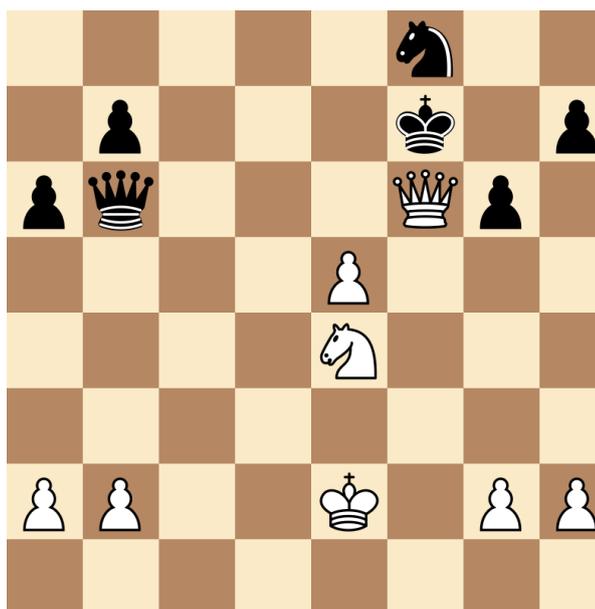
Resposta: Sim



6) O rei PRETO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

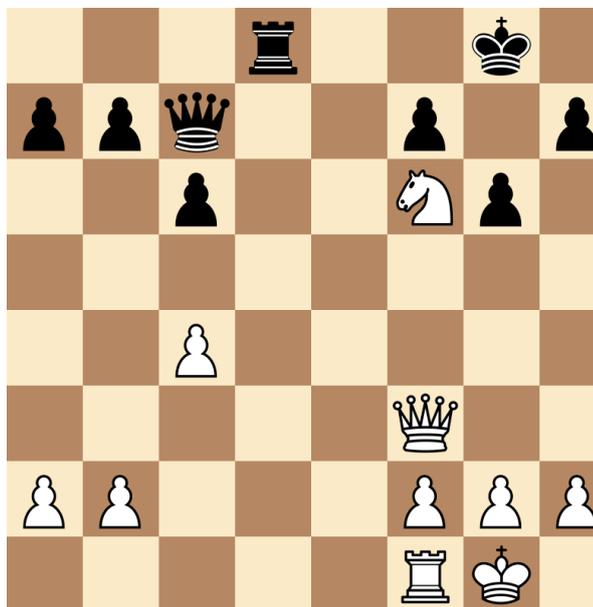
Resposta: Sim



7) O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

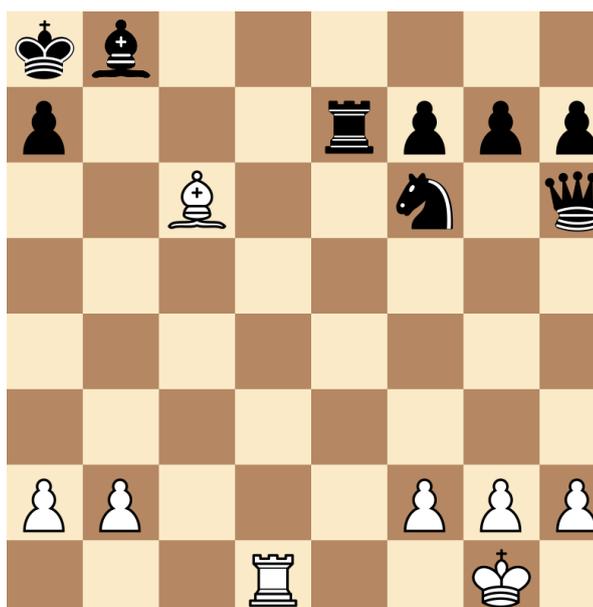
Resposta: Não



8) A TORRE PRETA consegue BLOQUEAR o BISPO BRANCO?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

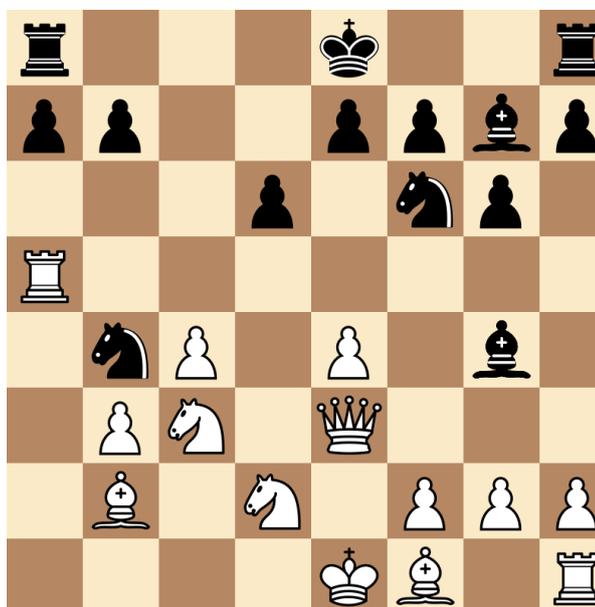
Resposta: Sim



9) A DAMA PRETA está no tabuleiro?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

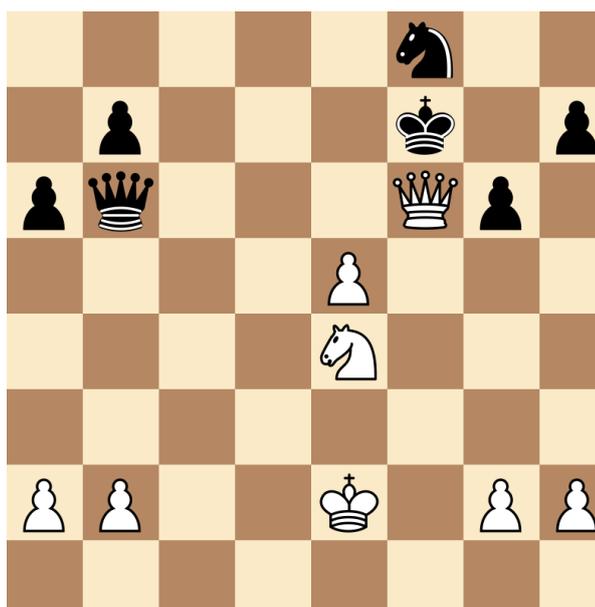
Resposta: Não



10) A DAMA PRETA pode capturar a DAMA BRANCA?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

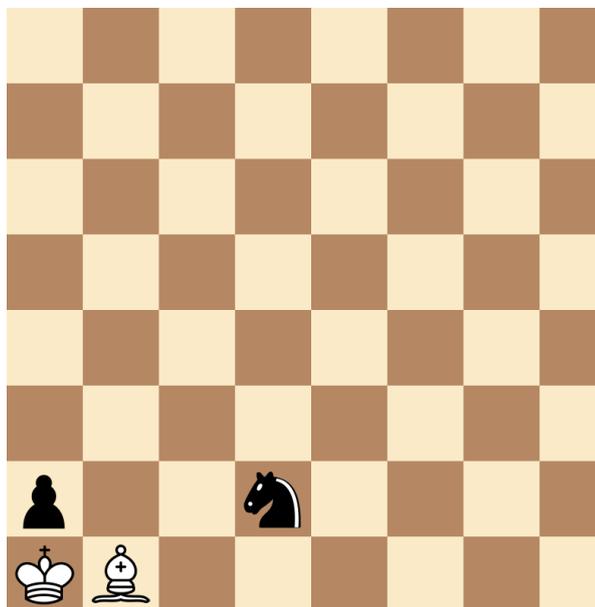
Resposta: Sim



11) As PRETAS podem dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

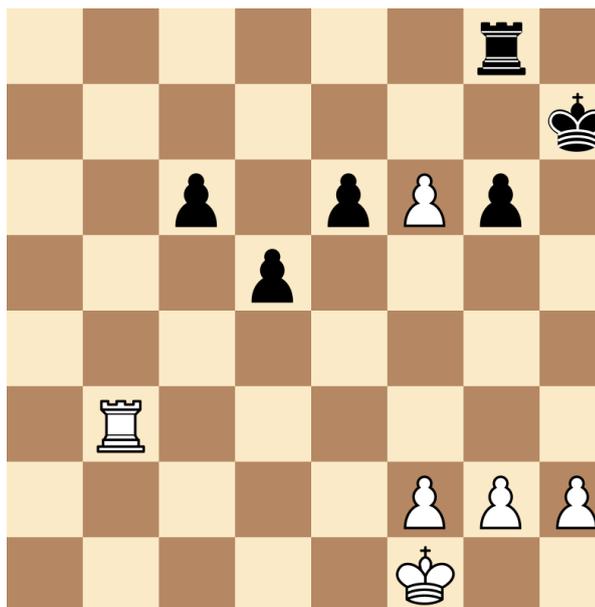
Resposta: Sim



12) Existem MAIS peças na ALA DO REI do que na ALA DA DAMA?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

Resposta: Sim



13) Considerando que as peças presentes na PRIMEIRA FILEIRA NÃO foram movidas, as BRANCAS pode realizar o GRANDE ROQUE?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

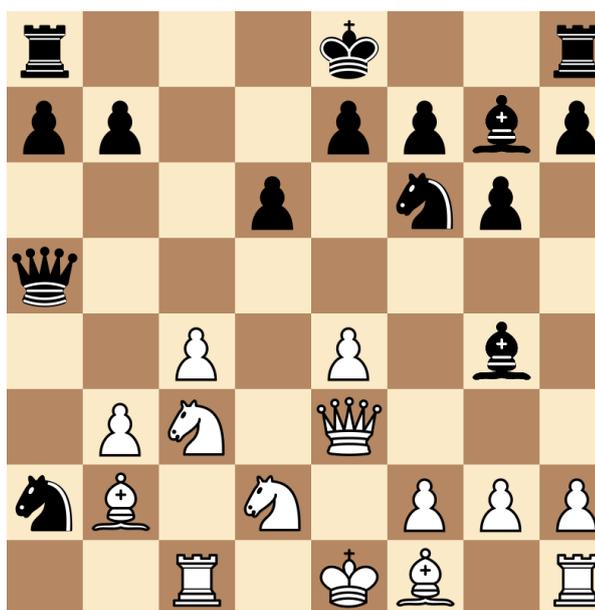
Resposta: Sim



14) Existem mais CAVALOS PRETOS do que BRANCOS na ALA DO REI?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

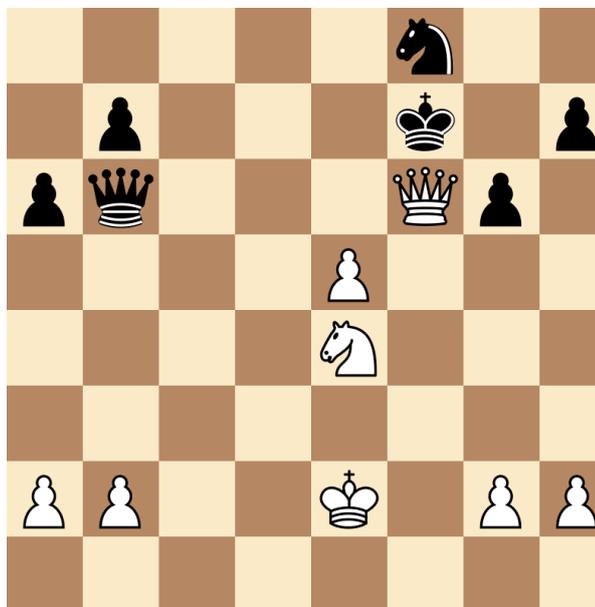
Resposta: Sim



15) O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

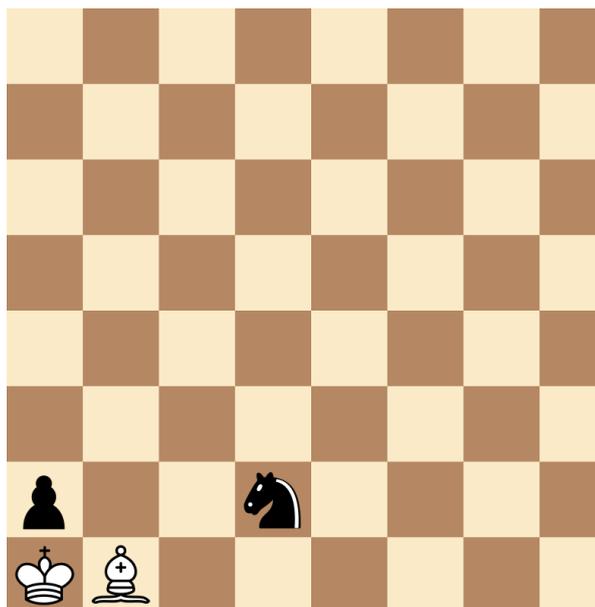
Resposta: Não



16) O REI PRETO encontra-se no tabuleiro?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

Resposta: Não



17) A DAMA PRETA pode dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

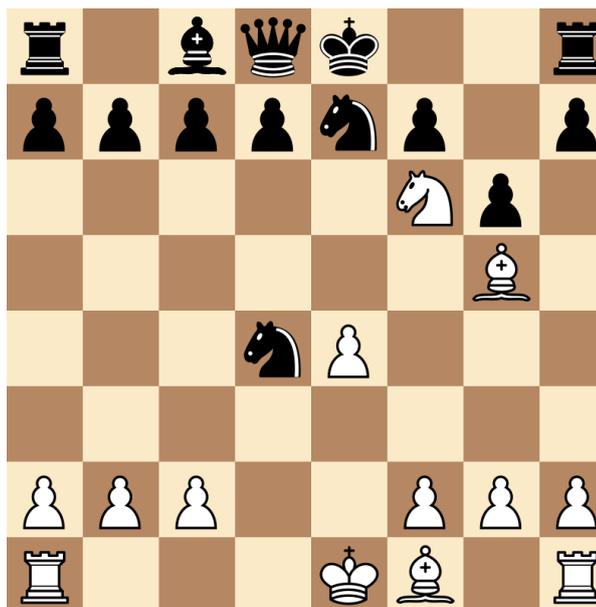
Resposta: Não



18) O rei PRETO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

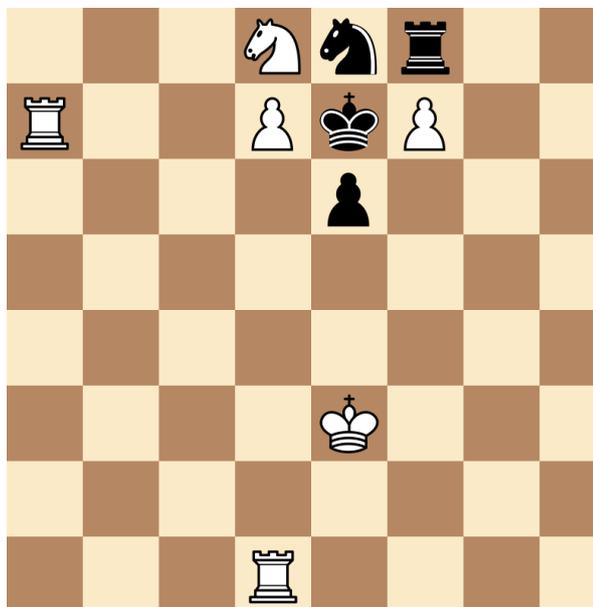
Resposta: Sim



19) As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

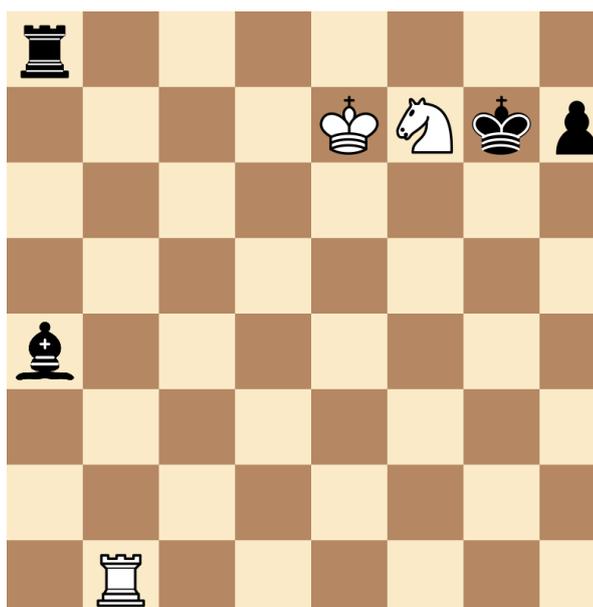
Resposta: Sim



20) O rei BRANCO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

Resposta: Não



21) O CAVALO BRANCO pode ser capturado por um PREÃO PRETO?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

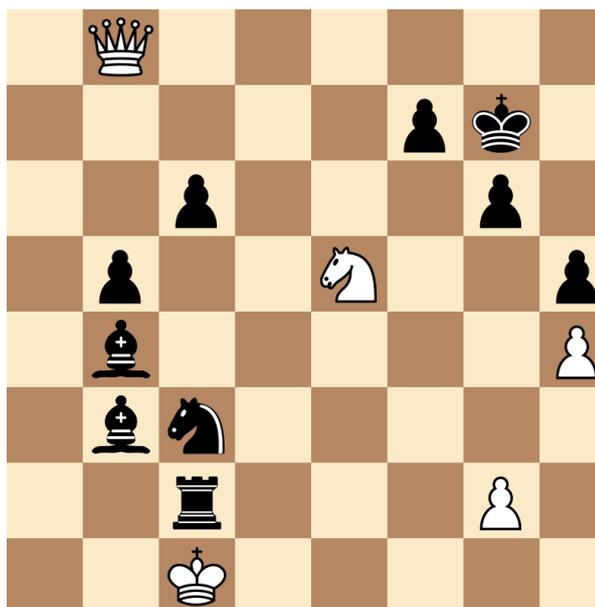
Resposta: Não



22) O rei BRANCO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

Resposta: Sim



23) O rei PRETO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

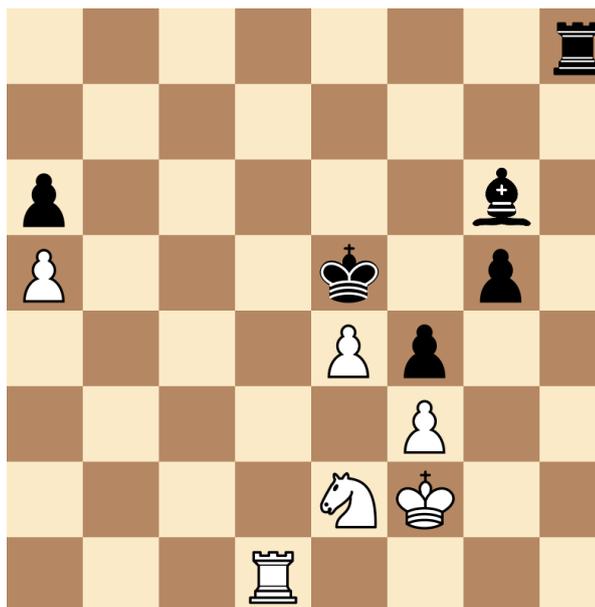
Resposta: Sim



24) O rei PRETO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

Resposta: Não



25) O rei BRANCO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

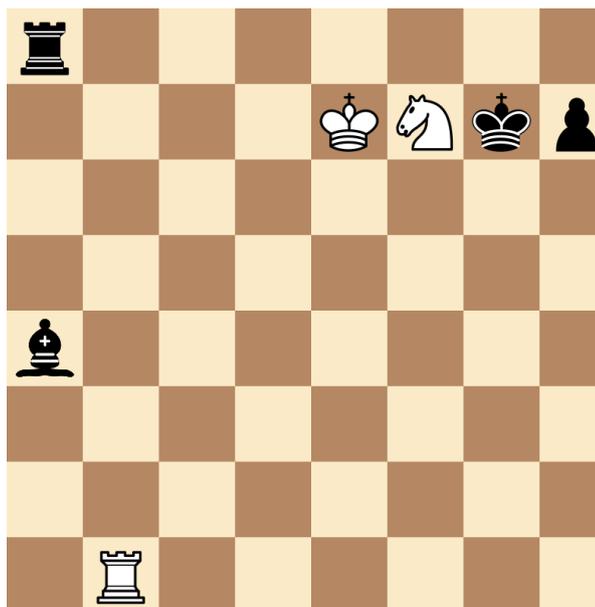
Resposta: Sim



26) As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

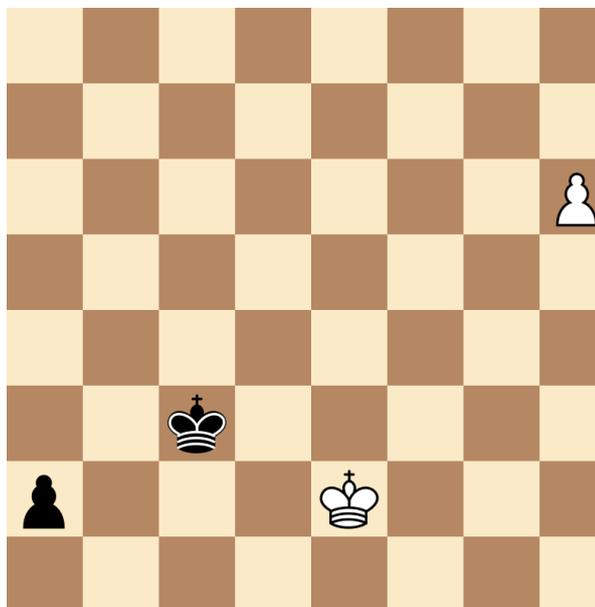
Resposta: Sim



27) Jogam as BRANCAS: As PRETAS podem GANHAR?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

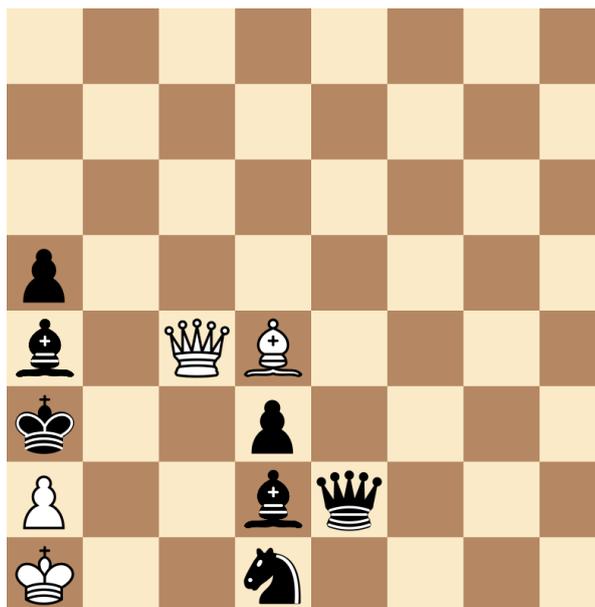
Resposta: Não



28) O CAVALO BRANCO está no tabuleiro?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

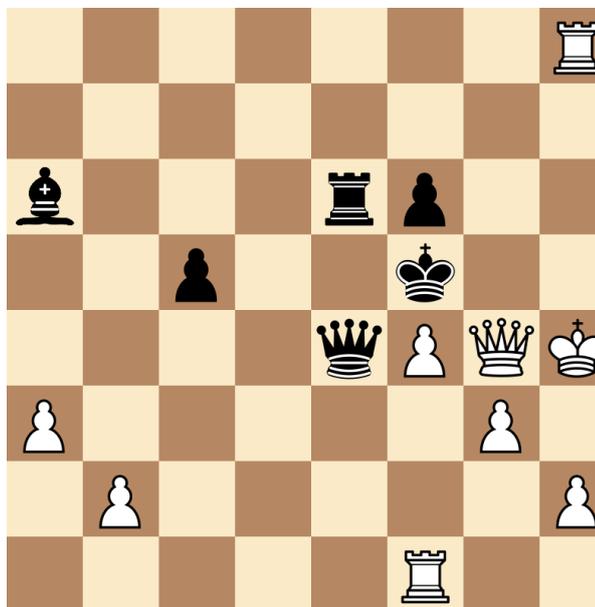
Resposta: Não



29) O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

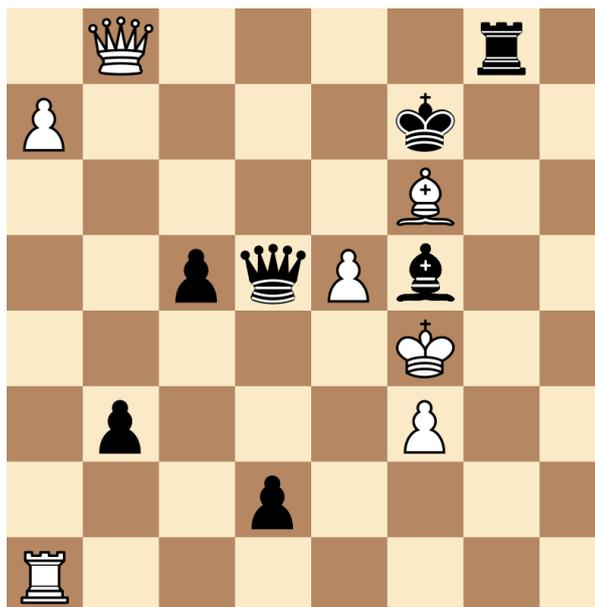
Resposta: Sim



30) O rei BRANCO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

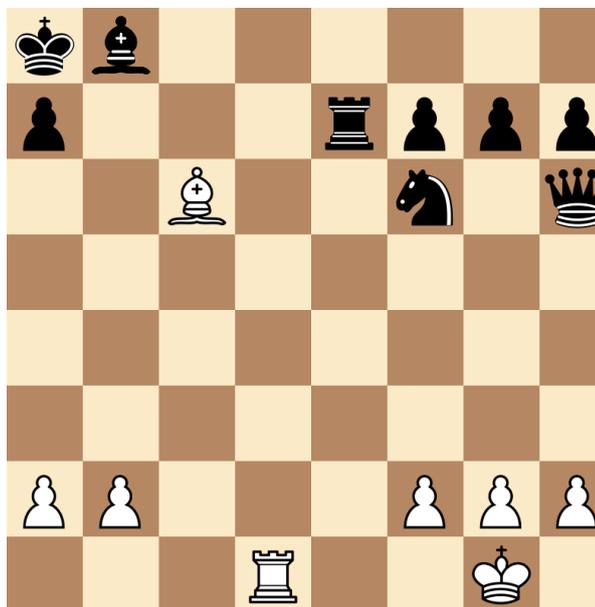
Resposta: Não



31) O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

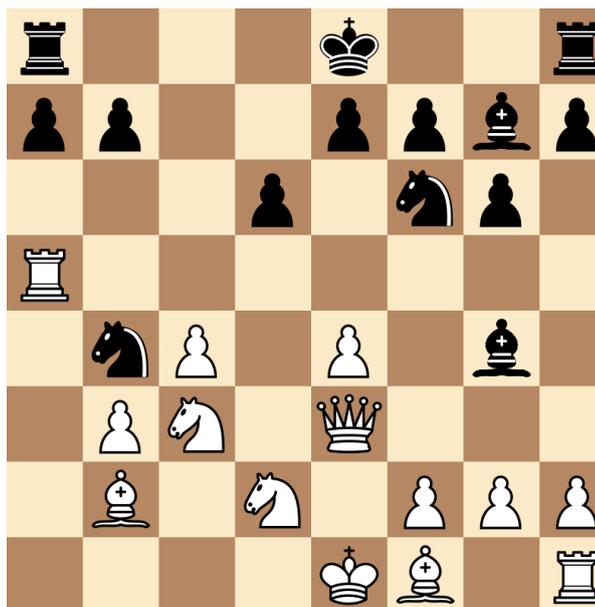
Resposta: Não



32) É possível CAPTURAR um PEÃO BRANCO com a peça em G4?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

Resposta: Não



33) As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

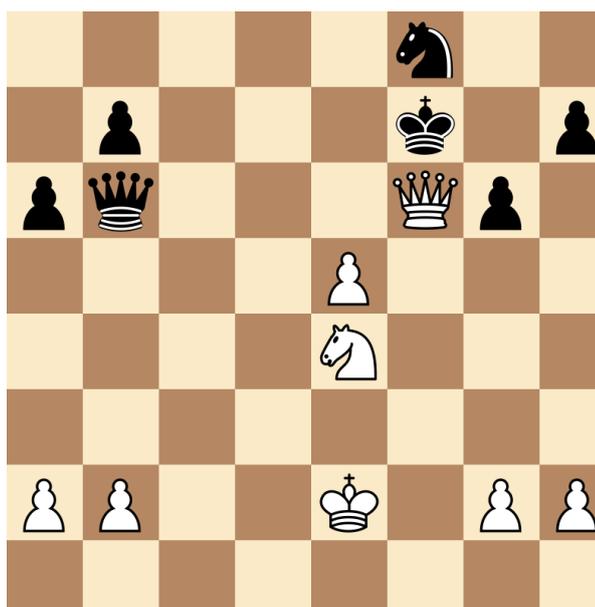
Resposta: Não



34) AMBOS os jogadores possuem MESMA QUANTIDADE e TIPO de peças?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

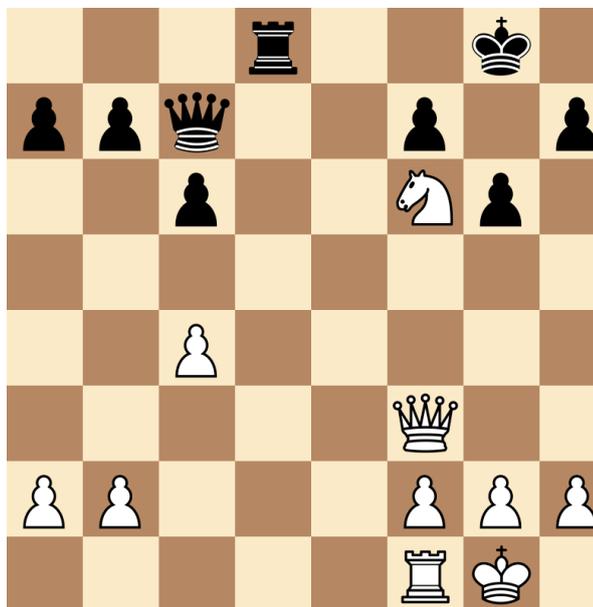
Resposta: Não



35) O rei PRETO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

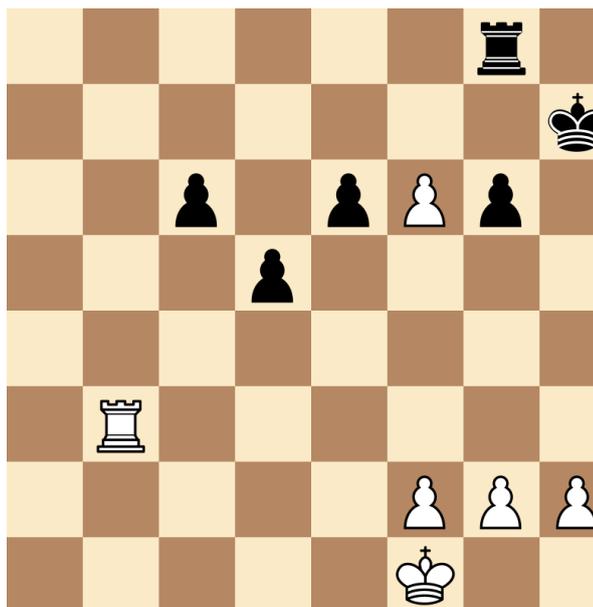
Resposta: Sim



36) As BRANCAS podem dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

Resposta: Sim



37) Um BISPO PRETO foi CAPTURADO?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

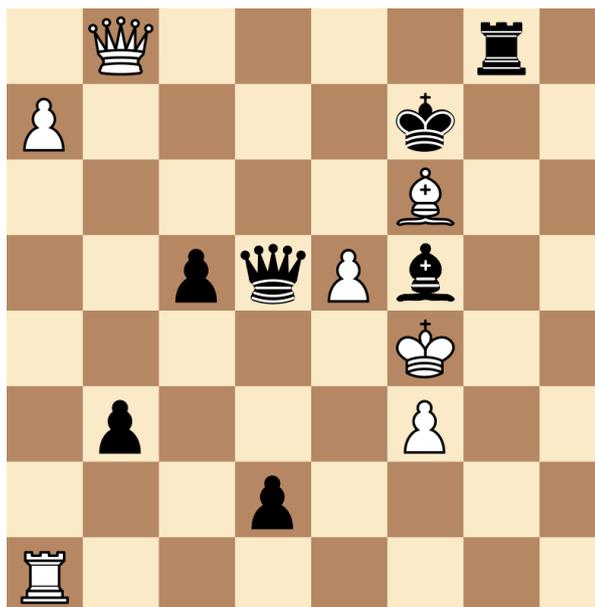
Resposta: Não



38) A DAMA PRETA pode dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

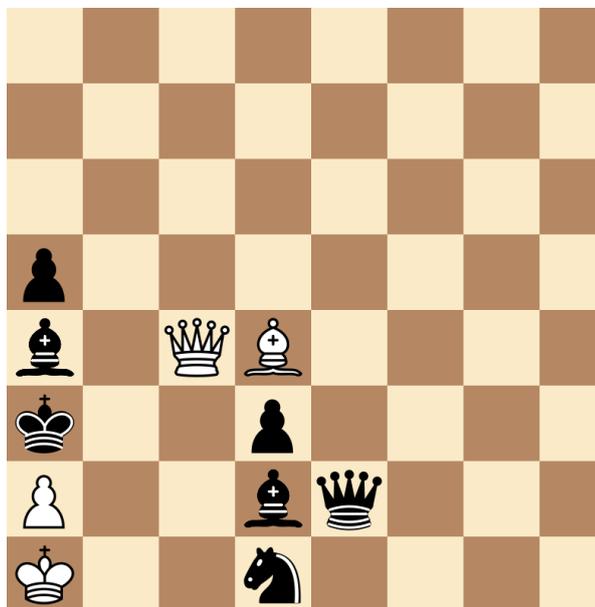
Resposta: Não



39) O rei PRETO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

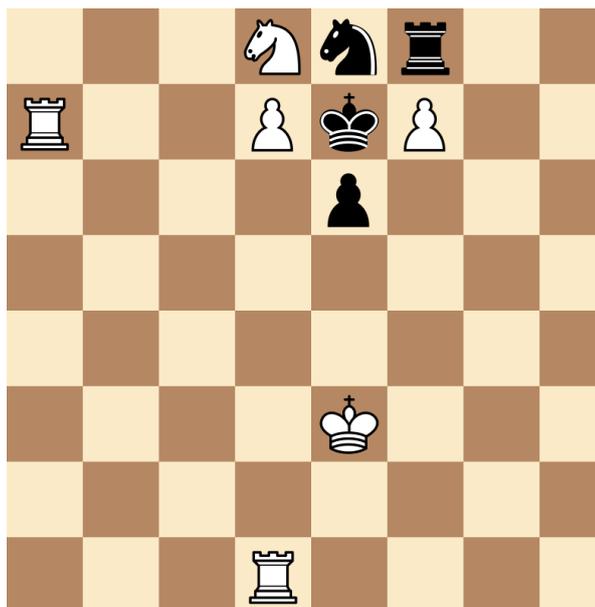
Resposta: Não



40) O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

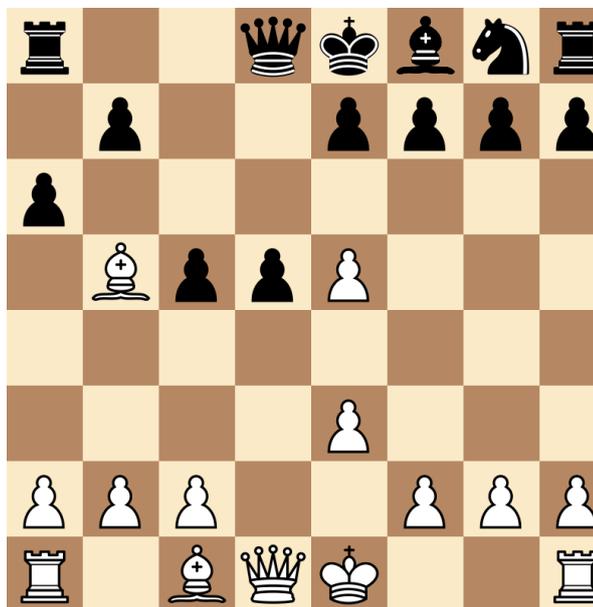
Resposta: Não



41) O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

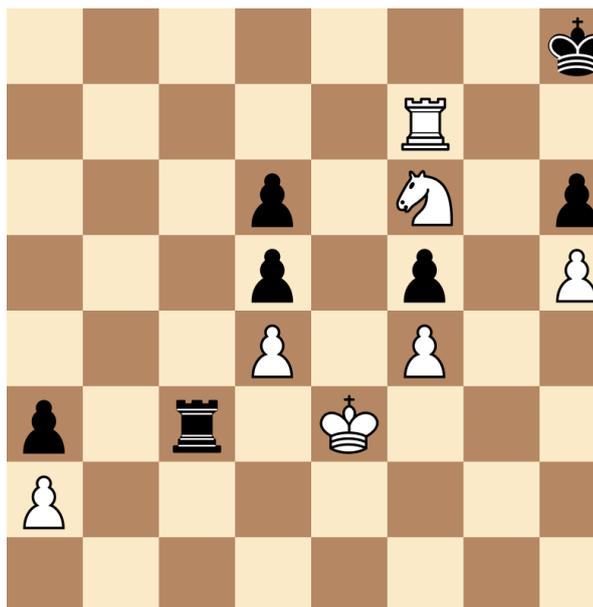
Resposta: Não



42) É possível terminar a partida em EMPATE (AFOGAMENTO)?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

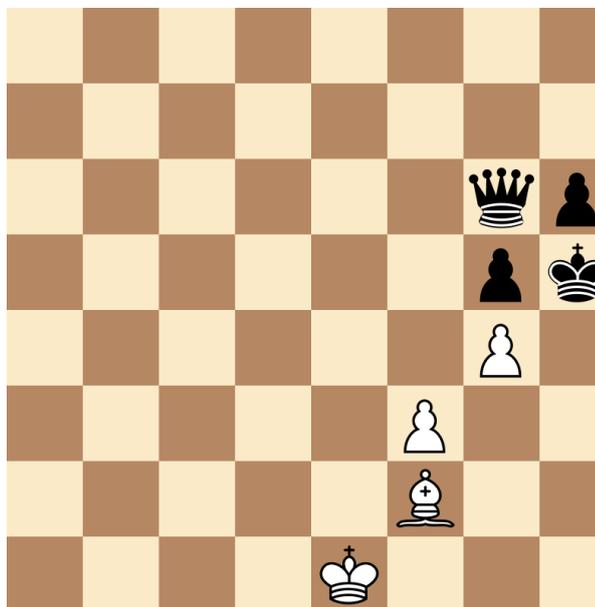
Resposta: Sim



43) O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

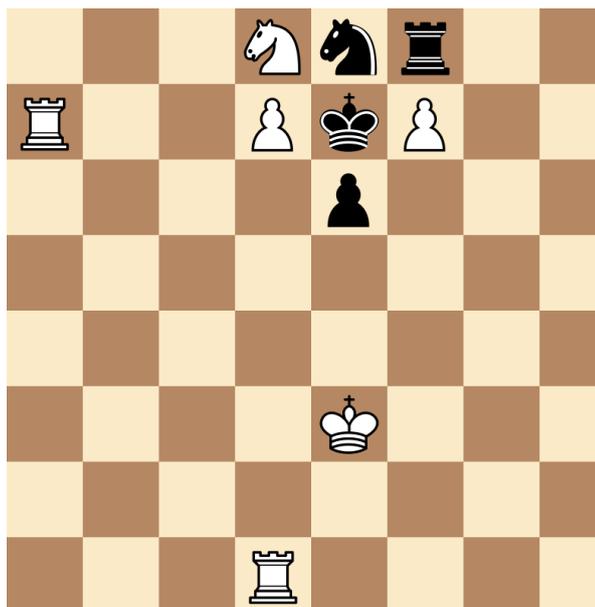
Resposta: Sim



44) Existe MAIS DE UM jeito de dar MATE no rei PRETO em UM lance?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

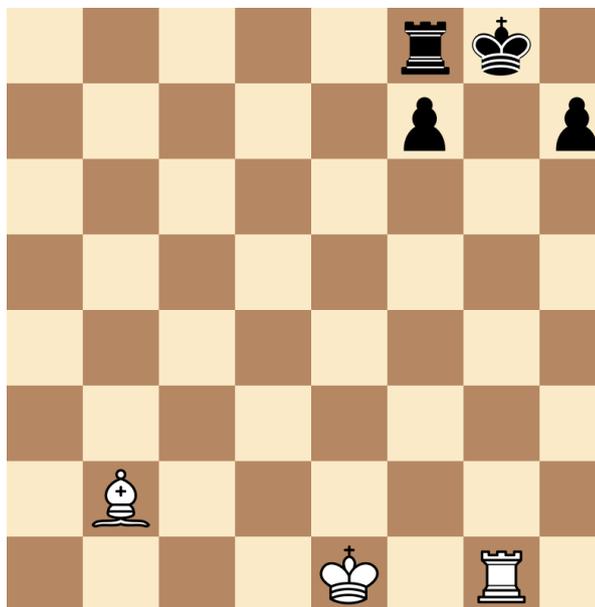
Resposta: Não



45) O rei PRETO está em XEQUE-MATE?

Categoria: Simple checkmate judgement (Volke)

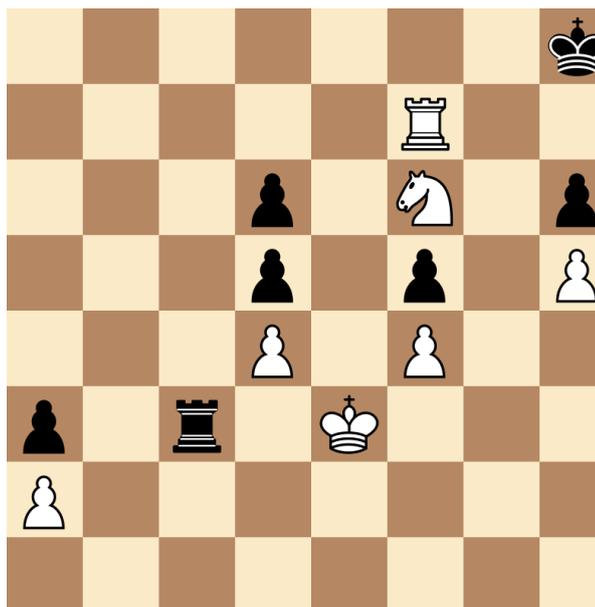
Resposta: Sim



46) O rei BRANCO está em XEQUE?

Categoria: Rule retrieval (Volke)

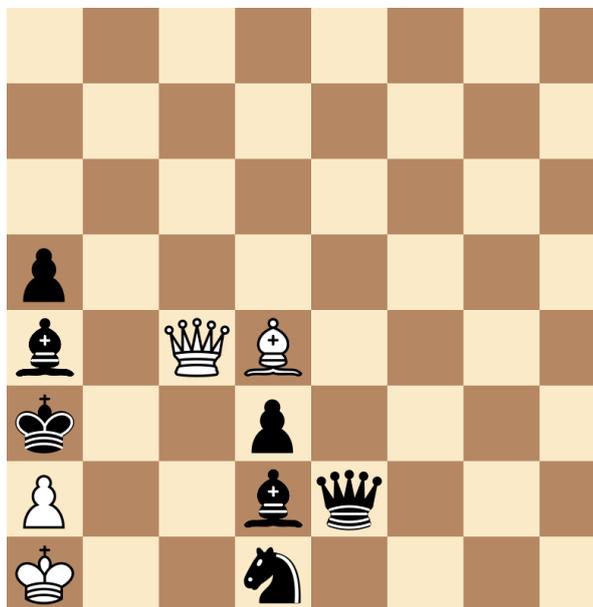
Resposta: Sim



47) A DAMA BRANCA pode dar MATE em UMA jogada?

Categoria: Checkmate in one move (Volke)

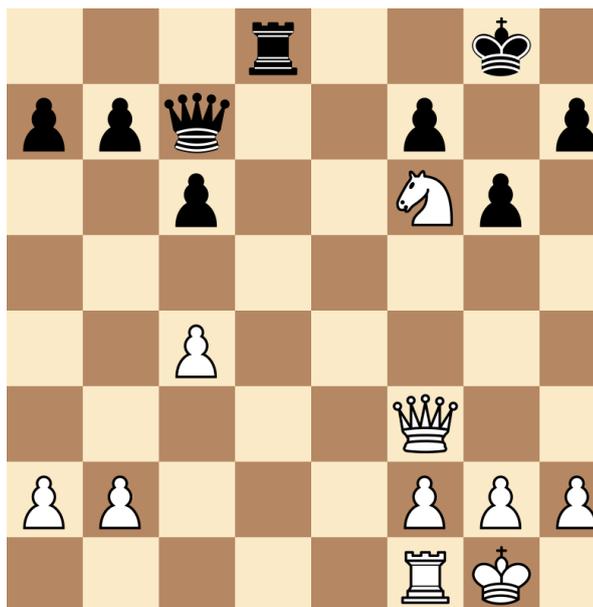
Resposta: Não



48) Todas as TORRES se encontram no tabuleiro?

Categoria: Pattern recognition (Volke)

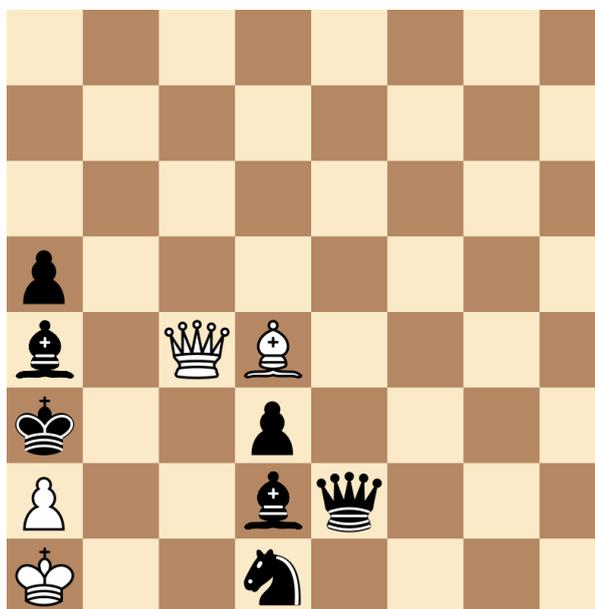
Resposta: Não



49) O PEÃO PRETO consegue CAPTURAR a DAMA BRANCA?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

Resposta: Não



50) A TORRE PRETA pode dar XEQUE no rei BRANCO?

Categoria: Rule Retrieval (Nichelli)

Resposta: Sim

