

Omnis Chess: Desenvolvimento de um xadrez adaptado para Pessoas Com Deficiências Físicas dos Membros Superiores por Meio de Hardware e Software Livre

Filipe Potrich Cechim
IFPR - Instituto Federal do Paraná
Quedas do Iguaçu, Brasil
filipepotrich@gmail.com

João Paulo Ganhor
IFPR - Instituto Federal do Paraná
Quedas do Iguaçu, Brasil
joao.ganhor@gmail.com

Odair Moreira de Souza
IFPR - Instituto Federal do Paraná
Cascavel, Brasil
odair.desouza@ifpr.edu.br

Abstract — The Omnis Chess project aims to promote inclusion for people with physical disabilities on upper limbs in chess practice. IBGE data shows that 3.7% of the Brazilian population has some sort of disability on superior limbs, evidencing the necessity of development of assistive technology focused on them. According to Law N° 13.146/2015, people with disabilities are entitled to equality in all aspects, including sports and leisure activities. The objective, therefore, is to develop an autonomous chess system capable of recognizing voice commands in Portuguese and moving pieces on the chessboard automatically. It is then, implemented a system with a microcomputer Raspberry Pi Zero 2W, open-source libraries - python-chess, for the game logics, SpeechRecognition (online) and vosk (offline) for speech recognition, the latter alongside a Kaldi model. The physical structure is based on a core-XY mechanism, usual in CNC printers, controlled by stepper motors. Partial results show the functioning of the online technologies integration, while the offline version still requires optimization as to get accurate responses to chess specific commands. Subsequently, the software will be integrated to the physical prototype and the user testing will begin, ensuring Omnis Chess effectively promotes social inclusion.

Keywords — Assistive technology; adapted chess; speech recognition; computerized numerical control.

Resumo — O projeto Omnis Chess busca promover a inclusão de pessoas com deficiência física nos membros superiores à prática do xadrez. Dados do IBGE mostram que 3,7% da população brasileira possui algum grau de deficiência nos membros superiores, evidenciando a necessidade do desenvolvimento de tecnologias assistivas. Conforme a Lei N° 13.146/2015, há a garantia ao direito ao acesso igualitário a esportes e lazer. O objetivo é desenvolver um sistema autônomo capaz de reconhecer comandos de voz em português e movimentar automaticamente as peças no tabuleiro. Para isso, o sistema utiliza um microcomputador Raspberry Pi Zero 2W, bibliotecas de código aberto, como python-chess para a lógica do jogo, SpeechRecognition (online) e Vosk (offline) para reconhecimento de voz e com suporte ao modelo Kaldi. A estrutura física baseia-se em um mecanismo CoreXY, comum em impressoras CNC, controlada por motores de passo. Os resultados parciais indicam o funcionamento da integração das tecnologias online, enquanto o reconhecimento de voz offline com a biblioteca vosk integrada com um modelo Kaldi para o português precisa ser otimizado, melhorando a resposta a comandos específicos, e assim integrar o software ao protótipo físico e iniciar os testes de usabilidade e garantir que o Omnis Chess seja uma ferramenta eficaz para a inclusão social.

Palavras-chave — Tecnologia assistiva; xadrez adaptado; reconhecimento de voz; controlador numérico computadorizado.

I. INTRODUÇÃO

De acordo com o último censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 8,9% da população brasileira se identifica como Pessoa com Deficiência (PCD), sendo que 3,7% destas pessoas possuem algum tipo de deficiência física dos membros superiores - 2,3% tem dificuldade em levantar uma garrafa com dois litros de água da cintura até a altura dos olhos e 1,4% tem dificuldade para pegar objetos pequenos ou abrir e fechar recipientes; e, 2,6% possui complicações relacionadas à memória, aprendizagem e concentração, além disso, aproximadamente 22% dos domicílios com PCDs têm pessoas as quais estão inseridas no contexto da deficiência física dos membros superiores [1], o que demonstra a necessidade de tal grupo em relação à acessibilidade [2].

Conforme destacado por Eschembach e Giacobbo [3], que mostra que dentre os 50 entrevistados, 92% deles apontam que a acessibilidade a pessoas com deficiência é um problema atual, enquanto 96% acredita haver uma dificuldade para encontrar serviços acessíveis a pessoas com deficiência.

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência) - Lei N° 13146/2015 é destinada a assegurar e a promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais por pessoa com deficiência, visando a sua inclusão social e cidadania [4].

O Art. 42 da lei N° 13.146 estabelece que “a pessoa com deficiência tem direito à cultura, ao esporte, ao turismo e ao lazer em igualdade de oportunidades com as demais pessoas” [4]. Em concordância com esta afirmação, faz-se necessária a elaboração de Tecnologias Assistivas visando atender a essas necessidades. Para isso, devem ser desenvolvidas pesquisas científicas, estudo do objeto, planejamento do protótipo e, por fim, construção deste, em conformidade com as características e necessidades do público-alvo previamente definido. Visando as pessoas com deficiências físicas dos membros superiores, opta-se por priorizar um esporte tradicional e abrangente - social e cultural - em um primeiro momento; características que interseccionam aquelas do esporte do xadrez [5][6].

O xadrez se mostrou com sua evolução e história ao longo dos anos, um instrumento relevante para a educação e contribui para o aprendizado do aluno e praticante. Por meio

dele, há o incentivo ao uso de raciocínio lógico, concentração, atenção, paciência, resolução de problemas, planejamento, entre outros benefícios [7].

Doglaev [8] conduziu uma pesquisa sobre a ativação da atividade intelectual de estudantes do ensino fundamental russo (com idades de 7 a 11 anos), implementando diversas metodologias e avaliando a influência da aplicação do xadrez em áreas como a criatividade, o raciocínio lógico e outros indicadores de atividade intelectual. A pesquisa mostrou que, se inicialmente 27% das crianças tinham um nível baixo, esse número diminuiu para 19% na fase final. Parte dos estudantes passou para o nível médio, enquanto a outra parte mudou para o grupo de alto nível. O número de estudantes com alto nível no início do experimento era de 12%, aumentando para 21% no final.

Neste contexto, este trabalho, denominado Omnis Chess, tem como objetivo proporcionar a inclusão de pessoas com deficiência física nos membros superiores à prática do xadrez, oferecendo uma experiência acessível e confortável. O desenvolvimento do projeto está sendo por meio de um protótipo físico do jogo de xadrez agregado a um conjunto de funcionalidades tecnológicas para torná-lo acessível e inclusivo.

Está sendo desenvolvido: (i) um sistema de reconhecimento de voz para a língua portuguesa (PT-BR) integrado ao protótipo para executar os comandos do jogo de xadrez; (ii) um mecanismo de movimentação automática das peças no tabuleiro por meio de comandos de voz, garantindo a interação eficiente com o protótipo; e, (iii) definição dos modelos para o reconhecimento de voz.

Compreendendo os propósitos citados, o *Omnis Chess*, em conjunto com o uso fundamental de tecnologias (hardware e software) de licença aberta, se caracteriza em ter o xadrez como ferramenta de inclusão para essas pessoas.0

II. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E XADREZ ASSISTIVO

Na Lei Nº 13146/2015 são definidas as TAs como: produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivem promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social [4].

Conforme Sebastião et al, [9], a inacessibilidade para as pessoas com deficiências físicas dos membros superiores se alastra na vida social, tarefas do cotidiano e afeta a sua interação com as tecnologias, desde domésticas quanto laborais. Pozzi *et. al* (2024) [10] retomam isto para a atualidade, representando o benefício do desenvolvimento de sistemas adaptados às necessidades de pessoas com deficiências físicas e, no caso deste último, para tornar o xadrez mais acessível.

O xadrez é um jogo de estratégia e tática de alta complexidade matemática, conforme a elevação do nível da jogabilidade, tendo intrínseco em si o estudo das teorias de aberturas, desenvolvimento e finais de jogo, o uso da

memória, identificação de padrões, temas táticos, criatividade, estilos de jogo, ação, entre outros. Como lembrado por Fine (2014) [11], o xadrez é um jogo de contemplação, resistência e ação, testando o jogador em relação a sua mente, corpo e emoções.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto Omnis Chess visa desenvolver um protótipo de tabuleiro de xadrez com movimentação por comandos de voz, para proporcionar uma experiência de jogo completa e autônoma para jogadores com deficiências físicas dos membros superiores. Desta forma, para o propósito deste projeto, torna-se imprescindível ressaltar a importância do uso de programas de código aberto e projetos de licença livre para seu desenvolvimento, visando a replicabilidade e compartilhamento de ideias e métodos com a utilização do *Omnis Chess*.

A. Estrutura Física e CNC

Com base no projeto Automated Chessboard, disponibilizado na plataforma de projetos de eletrônica, AutoDesk Instructables, idealiza-se a parte física deste projeto [12]. O Omnis Chess usa uma estrutura física baseada no funcionamento de uma impressora de corte de usinagem, conhecida pelo sistema *Computerized Numerical Control* (CNC). Nesse modelo, o controle dos motores de passo dedicados via microcontrolador faz a movimentação da plataforma central de corte no plano XZ (XY, de uma perspectiva de cima) estabelecido internamente na respectiva máquina [13].

Para construir essa estrutura, faz-se necessária a fixação de quatro eixos ao redor de um quinto eixo móvel, de forma a estabelecer a área que pode ser percorrida pela plataforma. Tendo em vista a máxima utilização da área provida, velocidade e a necessidade de ambos os motores fixos, o protótipo é projetado com base no mecanismo CoreXY. Conforme apresentado na Figura 1.

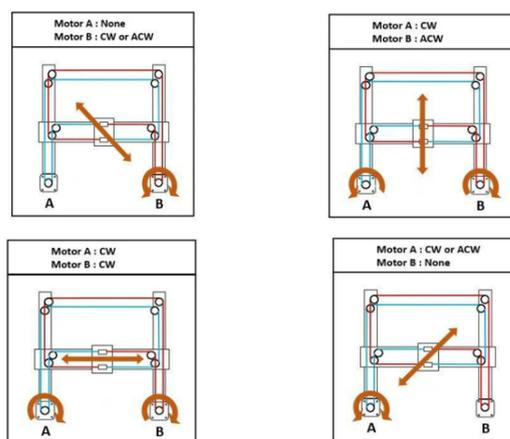


Fig. 1. Movimentações da plataforma central consoante à direção do motor no mecanismo CoreXY.

Na Figura 1, são apresentados os movimentos rotativos dos motores e seus resultantes na movimentação da plataforma central no sistema *CoreXY*, tendo como siglas,

para os motores A e B, “CW” - sentido horário e “ACW” - sentido anti-horário. Para tais, faz-se necessário um microcontrolador ou microcomputador, responsável por gerenciar suas ações. Tais componentes são representados no seu modelo 3D (Figura 2), junto a toda a estrutura física implementada.



Fig. 2. Modelos em 3D do projeto Omnis Chess.

Nesse caso, como microcomputador para o controle do funcionamento do protótipo, está sendo utilizada a placa *Raspberry Pi Zero 2W*, por sua compatibilidade com a linguagem *Python*, possibilidade de execução de multitarefas e de expansão e implementação de funcionalidades futuras e integração com outros *software*, além disso, exclui a necessidade de dispositivos de processamento externos.

B. Software e Bibliotecas

O *software* desenvolvido atua para controlar as funcionalidades de reconhecimento de comandos de voz, a validação, simulação no tabuleiro virtual, por meio das bibliotecas *open source* descritas a seguir. No controle da eletrônica são utilizadas as portas GPIO da placa *Raspberry Pi Zero 2W*, por meio da biblioteca GPIO interna da placa.

Python-chess: Para a lógica do jogo de xadrez, compreende-se que o uso da biblioteca *python-chess* se torna mais eficaz que uma abordagem completamente autoral na elaboração do código; justamente por esta se consolidar na representação e validação das jogadas. Seu funcionamento se dá por meio de entradas de texto no terminal, escritas em notação Smith de xadrez (e.g.: “e2e4”). Tais entradas são validadas e representadas em um tabuleiro no próprio terminal, simulando o que será adaptado para o tabuleiro físico.

SpeechRecognition: está sendo utilizada como interface de escolha para a tecnologia de processamento do áudio dos jogadores, por meio da tecnologia *speech-to-text* [14]. Tal áudio deverá ser um comando de voz de um jogador por vez, comportando uma jogada de xadrez em notação Smith. Por fim, o retorno do uso desta é o texto correspondente à voz processada e formatada.

Vosk: Tecnologia de código aberto que está sendo utilizada para o reconhecimento de voz implementado no sistema, proporcionando os processos *offline* e, portanto, condizente com os objetivos do projeto. Implementou-se junto a um modelo Kaldi, de autoria própria, no qual é feito o armazenamento e treinamento dos dados dos áudios relacionados ao projeto.

Fuzzywuzzy: Essa biblioteca é empregada na validação do texto resultante do processamento de linguagem natural feito pela biblioteca *SpeechRecognition*. Após a conversão para texto, a *Fuzzywuzzy* servirá na verificação e validação dos vetores de caracteres (*Strings*), retornando a *String* com menor número de modificações em relação a um “valor-alvo” a partir da original. Esse processo ajuda a otimizar o sistema, diminuindo o número de vezes em que haverá necessidade de repetição do código [15].

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto encontra-se na etapa final do desenvolvimento, a estrutura física do tabuleiro encontra-se na fase de testes, os programas de controle de jogadas utilizando recursos online como *python chess*, *fuzzywuzzy* e *speech_recognition* estão em fase de integração ao projeto, os programas utilizando os recursos *offline* estão na etapa de definição do modelo de reconhecimento de voz (Kaldi) e treinamento para utilização da biblioteca *vosk*. Os testes realizados com o modelo de reconhecimento de voz enxuto definido mostraram a possibilidade dessa integração ao projeto, realizando a identificação dos comandos de voz e transformação em notação de xadrez.

Na Figura 3 apresenta-se o fluxo do protótipo físico do projeto Omnis Chess por meio das chamadas funcionais, de maneira ilustrada, o jogador fala no microfone, o áudio é recebido pelo Raspberry Pi, que realiza o processamento do áudio, envia para o reconhecedor de voz, recebe os comandos e realiza os movimento das peças do tabuleiro. Observa-se no terminal o log do *vosk* e do *python-chess* apresentando as jogadas.

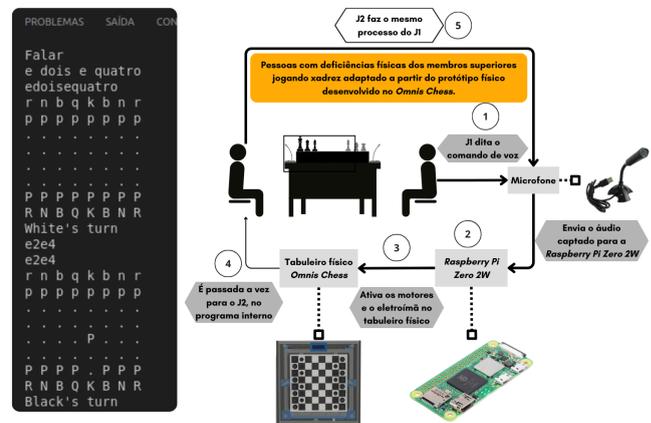


Fig 3 – Fluxo do protótipo do projeto Omnis Chess. Fonte: autoria própria.

Na Figura 4 apresenta-se o diagrama de atividades do programa para o reconhecimento de voz utilizando os recursos *offline*, a biblioteca *vosk* e o *python chess*. O reconhecimento retorna um JSON do áudio enviado, e o sistema Omnis Chess executa a jogada no chessboard via *python chess*. A validação das jogadas é realizada pela *python-chess*. Após isso, os comandos são enviados para o módulo controlador dos motores do tabuleiro.

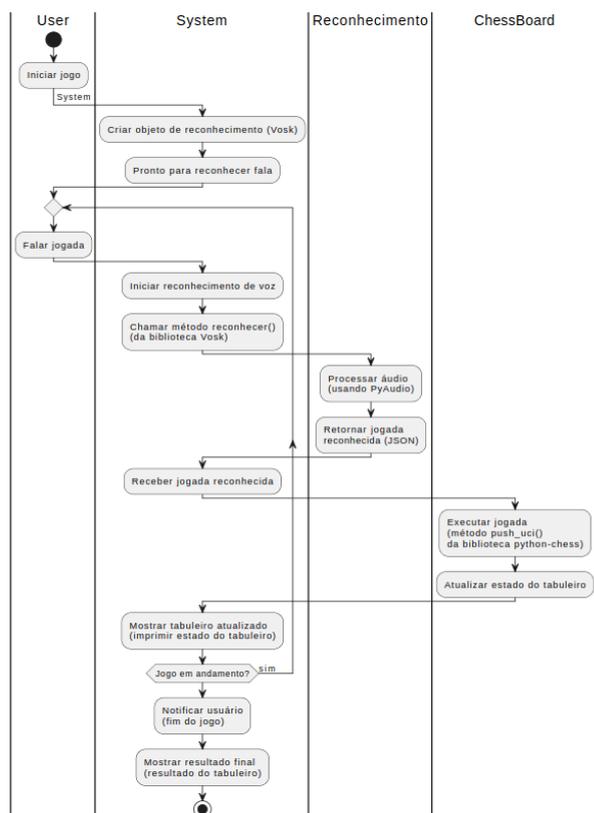


Figura 6 – Diagrama de atividades do controle do Omnis Chess (Offline).

V. CONCLUSÃO

O Projeto Omnis Chess apresenta-se como uma ferramenta para a inclusão de pessoas com deficiência nos membros superiores, oferecendo um jogo de xadrez acessível e autônomo. Desenvolvido por meio da integração de tecnologias assistivas, como reconhecimento de voz e movimentação automatizada das peças.

O Omnis Chess utiliza a licença GPLv3, o que significa que está livre para modificações. Os códigos desenvolvidos se encontram no GitHub no link a seguir: github.com/FiremelonX8/omnis_chess.

Além disso, o projeto se alinha aos princípios da Lei Nº 13.146/2015, promovendo o acesso igualitário a atividades recreativas. Os resultados preliminares dos testes de integração evidenciam a viabilidade técnica para o desenvolvimento do sistema e da sua automatização, passando o projeto para etapa de otimização do reconhecimento de voz offline, integração dos módulos e testes de usabilidade. O desempenho de reconhecimento para comandos de jogadas de xadrez depende de vários fatores, como a precisão dos sensores, a robustez dos algoritmos de processamento de sinal e as técnicas de aprendizado de máquina aplicadas.

REFERÊNCIAS

[1] IBGE, "Pessoas com deficiência e as desigualdades sociais no Brasil," 2019. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/34889-pessoas-com-deficiencia-e-as-desigualdades-sociais-no-brasil.html>. Acesso em: 14 set. 2024.

[2] I. Gomes e IBGE, "Pessoas com deficiência têm menor acesso à educação, ao trabalho e à renda," 2024. Disponível: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37317-pessoas-com-deficiencia-t-em-menor-acesso-a-educacao-ao-trabalho-e-a-renda>. Acesso em: 20 set. 2024.

[3] L. S. Eschembach e D. Giacobbo, "Lillac: Uma aplicação web destinada à busca de serviços especializados para pessoas com deficiência," in Anais do XX Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas (Latinoware), Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2023, pp. 102–106. Disponível: <https://sol.sbc.org.br/index.php/latinoware/article/view/26089>. Acesso em: 15 set. 2024.

[4] BRASIL, "Lei No 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)," Diário Oficial da União, 2015.

[5] C. Castro, "Uma história cultural do xadrez," Cadernos de Teoria da Comunicação, vol. 1, no. 2, pp. 3–12, 1994.

[6] L. N. Rezende Júnior e A. V. M. de Sá, "O jogo do xadrez e a aprendizagem lúdica para adolescentes em ambiente socioeducativo," in Rev. Educ. PUC-Camp, vol. 21, no. 2, pp. 221–229, 2016.

[7] M. Seabra Júnior e F. Felício, "Xadrez adaptado como recurso de tecnologia assistiva a um estudante com deficiência múltipla," Colloquium Humanarum, vol. 13, no. 4, pp. 77–82, 2016. Disponível: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ch/article/view/1848/1796>. Acesso em: 6 set. 2024.

[8] A. Y. Doglaev, "Formação da atividade intelectual de escolares do ensino fundamental no processo de aprendizagem do xadrez," Desenvolvimento da Educação, vol. 4, no. 3, pp. 21–24, 2021. Disponível: Publishing House Sreda. Acesso em: 3 set. 2024.

[9] F. B. Sebastião, H. C. dos Santos, O. M. de Souza, et al., "Domótica assistiva com controle ocular para inclusão de deficientes tetraplégicos," in Congresso Latino-Americano de Software Livre e Tecnologias Abertas (Latinoware), Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2023, pp. 170–173. Disponível: <https://sol.sbc.org.br/index.php/latinoware/article/view/26102>. Acesso em: 21 set. 2024.

[10] L. Pozzi, S. Guerini, S. Arrigoni, A. Pedrocchi e M. Gandolla, "Um assistente robótico para jogadores de xadrez com deficiência em jogos competitivos," International Journal of Social Robotics, vol. 16, no. 1, pp. 173–183, 2024.

[11] G. A. Fine, "Estratégia e sociabilidade: A mente, o corpo e a alma do xadrez". American Journal of Play, vol. 6, no. 3, 2014.

[12] AUTOMATED CHESSBOARD, Autodesk Instructables, 2022. Disponível: <https://www.instructables.com/Automated-Chessboard/>. Acesso em: 4 set. 2024.

[13] P. Smid, A Comprehensive Guide to Practical CNC Programming, 2ª ed. Nova Iorque, NY: Industrial Press Inc., 2003.

[14] PYPI. SpeechRecognition Documentation. Disponível em: <https://pypi.org/project/SpeechRecognition/>. Acesso em: 22 ago. 2024.

[15] MAIGA, A.; ATARO, E.; GITHINJI, S. "Real-Time Face, Voice, and Speech Recognition for Telecom Cloud Admin Identity Verification." Disponível em: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4930037. Acesso em: 21 set. 2024.