

Reconhecimento facial para detecção de Doença Renal Crônica

João Victor Texeira Degelo¹, Johan Su Kwok¹, Gabriel Zambelli Scalabrini¹, Anarosa Alves Franco Brandão¹, Rogério da Hora Passos², Maristela Carvalho da Costa³

¹Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais
Universidade de São Paulo (USP)
Caixa Postal 61.548 – 05508-010 – São Paulo – SP – Brazil

²Davita Tratamento Renal e Hospital Israelita Albert Einstein
São Paulo – SP – Brazil

³Instituto do Coração e Hospital Santa Catarina
São Paulo – SP – Brazil

{degelo, johansukwok, gabrielzsb.comp, anarosa.brandao}@usp.br,

Abstract. *Chronic Kidney Disease (CKD) affects a huge number of people along the world. Only considering the Brazilian landscape, it is estimated that over 10 milion Brazilian citizens have CKD. Among them, 90 thousands are in use of dialysis treatment. Therefore, CKD impacts the society in both ways: as a public healthy problem and as an economics problem. It is commom sense among physicians that the faces of CKD patients have common characteristics. In this way, recognizing such characteristics could help physicians in diagnosing CKD in an early stage. Nevertheless, there is a gap in medical research concerning the diagnosis of CKD using multiagent systems combined with facial recognition, an accessible and non-invasive method. This article aims to develop a multiagent system designed to assist in diagnosing CKD by using patient images and health information as input.*

Resumo. *A Doença Renal Crônica (DRC) afeta um grande número de pessoas em todo o mundo. Considerando apenas o cenário brasileiro, estima-se que mais de 10 milhões de cidadãos brasileiros tenham DRC. Entre eles, 90 mil estão em tratamento dialítico. Portanto, a DRC impacta a sociedade de duas maneiras: como problema de saúde pública e como problema econômico. É senso comum entre os médicos que os rostos dos pacientes com DRC possuem características comuns. Dessa forma, reconhecer tais características poderia auxiliar os médicos no diagnóstico precoce da DRC. No entanto, existe uma lacuna na investigação médica relativa ao diagnóstico da DRC utilizando sistemas multiagentes combinados com técnicas de inteligência artificial combinadas com reconhecimento facial, um método acessível e não invasivo. Este artigo tem como objetivo desenvolver um sistema multiagente projetado para auxiliar no diagnóstico de DRC usando imagens de pacientes e informações de saúde como entrada.*

1. Introdução

A Doença Renal Crônica (DRC) é uma condição de longa duração que afeta os rins, responsáveis pela filtragem do sangue, remoção de resíduos metabólicos e impurezas, e regulação do equilíbrio de fluidos e pH do corpo. A DRC é caracterizada pela perda gradual e irreversível da função renal ao longo do tempo. Estima-se que aproximadamente dez milhões de brasileiros tenham a doença, dos quais cerca de 90 mil estão em diálise, estágio terminal da doença [Ministério da Saúde 2019]. Os gastos com o tratamento da DRC e de outras condições relacionadas correspondem a 12,97% das despesas em saúde [Alcalde and Kirsztajn 2018].

As doenças, em geral, não afetam apenas internamente o corpo, mas também podem se refletir em características faciais dos pacientes, que podem servir como indicadores diagnósticos, especialmente para condições endócrinas, metabólicas, genéticas e neuromusculares. Embora o desenvolvimento da tecnologia de reconhecimento facial tenha sido gradual, sua aplicação na medicina clínica tem crescido rapidamente nos últimos dez anos [Qiang et al. 2022]. No caso da DRC, a presença prolongada de resíduos metabólicos no sangue pode gerar alterações em diversos órgãos, incluindo a pele, e o rosto [Malkina 2023, Lupi et al. 2011]. Entre essas alterações, destacam-se:

- Mudanças na coloração da pele [AAD 2019]: O acúmulo de toxinas no corpo, devido à falha na filtragem pelos rins, pode resultar em alterações na coloração da pele, como manchas escuras, tonalidade cinza, cistos, manchas semelhantes a espinhas ou pele amarelada, com inchaços e linhas profundas.
- Icterícia [Levine 2022]: A partir do estágio 4 da DRC, pode ocorrer icterícia, incluindo o amarelamento do branco dos olhos.
- Inchaço facial [AAD 2019]: Com a disfunção renal, a remoção de fluidos e sais é prejudicada, resultando em inchaços pelo corpo, incluindo a face.
- Xerose [AAD 2019]: Em casos avançados de DRC, que exigem diálise e transplante renal, a pele do paciente pode tornar-se excessivamente seca, desenvolvendo rachaduras e escamas.

A DRC também pode afetar a aparência das mãos e dos pés [AAD 2019], apresentando, além do inchaço e da presença de bolhas:

- Coloração branca na parte superior das unhas e coloração normal ou marrom avermelhada na parte inferior (unhas de Lindsay ou meio-e-meio).
- Unhas pálidas.
- Faixas brancas atravessando uma ou mais unhas (unhas de Muehrcke).

O objetivo deste artigo é desenvolver uma solução multiagente inteligente que será implementada na forma de aplicativo, no qual médicos nefrologistas possam utilizar imagens dos pacientes e outras informações de saúde para calcular a probabilidade de ocorrência de Doença Renal Crônica. O diagnóstico será realizado por um sistema multiagente inteligente, treinado através de algoritmos de visão computacional. Esse sistema receberá como entrada imagens das faces e das mãos dos pacientes, bem como informações sobre seu estado de saúde, buscará nas imagens fenótipos relacionados à DRC, e informará como saída a probabilidade deste paciente possuir a doença. Esta solução apresenta uma abordagem acessível e não invasiva para a detecção de DRC, tendo potencial de melhorar significativamente o processo de detecção e auxílio ao diagnóstico, especialmente em locais com alta incidência de DRC ou com escassez de médicos especialistas.

2. Trabalhos relacionados

Inicialmente foi realizado um estudo na literatura para identificar abordagens que utilizam soluções inteligentes para apoiar a detecção de Doença Renal Crônica. Em [Kumar et al. 2023], foi adotado o uso de processamento de imagem em exames de ultrassom dos rins para apoio ao diagnóstico de DRC. Já [Divya et al. 2021] utiliza imagens da íris de pacientes para treinar um modelo de aprendizado de máquina que prediz doenças renais. Ainda, [Dashtban et al. 2023] emprega dados de prontuários eletrônicos de 350.067 indivíduos para identificar subtipos de Doença Renal Crônica com o auxílio de algoritmos de inteligência artificial.

Uma revisão da literatura sobre uso de reconhecimento facial para diagnóstico de doenças [Qiang et al. 2022] destaca práticas recomendadas para a captura de fotos, incluindo padronização da expressão facial dos pacientes, posicionamento da câmera e condições ambientais. Além disso, são apresentados os principais algoritmos utilizados no diagnóstico e as circunstâncias em que cada um deles é mais apropriado. Apesar da extensa literatura sobre o tema, não foram encontradas abordagens que utilizem reconhecimento facial diretamente na detecção de Doença Renal Crônica. Por conta disso, foi realizado um estudo mais aprofundado para entender melhor a aplicação de modelos de reconhecimento facial na detecção de doenças.

Em outra revisão da literatura [Wu et al. 2021], foram compilados 141 estudos que utilizaram reconhecimento facial para o diagnóstico de doenças. Também foi realizada uma análise estatística sobre os fatores que influenciam a eficiência dos modelos de inteligência artificial. Os autores definem o conceito de Facial Recognition Intensity (FRI), um indicador que descreve a diferença entre as feições faciais da doença estudada e as do grupo de controle. O FRI é calculado pela fórmula $N_f * P_{max}$, onde N_f representa o número de fenótipos faciais relevantes para a doença, ou seja, o número de características faciais afetadas pela doença, e P_{max} representa a penetração máxima dessas características, isto é, o percentual máximo de indivíduos acometidos pela doença que apresentam essa característica. O estudo identifica uma forte correlação entre o FRI e a eficiência do modelo. Entretanto, fatores como resolução da imagem utilizada no treino, tamanho do dataset utilizado para treino e o algoritmo de inteligência artificial utilizado não apresentam uma correlação tão significativa. Essas informações são de extrema relevância, pois impactam diretamente a abordagem que deve ser adotada neste projeto.

3. Metodologia do projeto

Na etapa inicial do projeto, foi elaborada a documentação para submissão ao Comitê de Ética da EACH-USP, com o objetivo de viabilizar a coleta de dados. Após a autorização do Comitê de Ética, a coleta de dados dos pacientes com Doença Renal Crônica será iniciada. Essa coleta ocorrerá na Clinefro - Clínica de Nefrologia de Juazeiro, onde serão registradas fotografias faciais e das mãos dos pacientes, além do preenchimento de um questionário para obter informações sobre a saúde dos pacientes, como presença ou histórico familiar de doenças como anemia, diabetes, hipertensão ou doença renal, e sobre seus hábitos, como consumo de água, alimentos ricos em sódio ou gorduras, prática de atividade física, e consumo alcoólico e tabagismo. Ao final, estes mesmos dados serão coletados de um grupo controle, que não possui a DRC. A presença de um grupo de controle é essencial para o bom treinamento de um algoritmo de aprendizado supervisionado, visto que diminui possíveis vieses que possam surgir.

Serão realizadas diversas análises nos dados coletados pelo Agente de Diagnóstico com o objetivo de entender com maior profundidade o grupo participante da pesquisa, além de identificar eventuais dados desbalanceados que podem impactar o modelo desenvolvido. Após análise e tratamento dos dados, eles serão usados para alimentar o modelo de aprendizado no Agente de Aprendizado.

Serão inicialmente testados diversos modelos e algoritmos, como por exemplo: extração de características do rosto e das mãos em conjunto de um modelo XGBoost, utilização de Redes Neurais Convolucionais, e utilização de modelos pré treinados como FaceNet. Durante esta etapa, serão utilizadas técnicas de validação cruzada para selecionar os modelos com melhor desempenho. Com a solução final definida, seu desempenho será avaliado no conjunto de teste, buscando entender os aspectos que mais impactaram no diagnóstico.

Por fim, será desenvolvido um aplicativo móvel para disponibilizar a solução inteligente aos médicos nefrologistas. Os usuários poderão submeter as informações do paciente, junto de suas imagens, para obter em tempo real um diagnóstico de doença renal crônica a partir dessas informações por meio do Agente de Diagnóstico.

4. Arquitetura

O sistema será composto por três agentes (Agente de Diagnóstico, Agente Coletor de Dados e Agente de Aprendizado), um banco de dados e o aplicativo. As comunicações serão realizadas por meio de requisições HTTPS através de uma API protegida contra acesso indevido. A arquitetura está representada no diagrama na Figura 1.

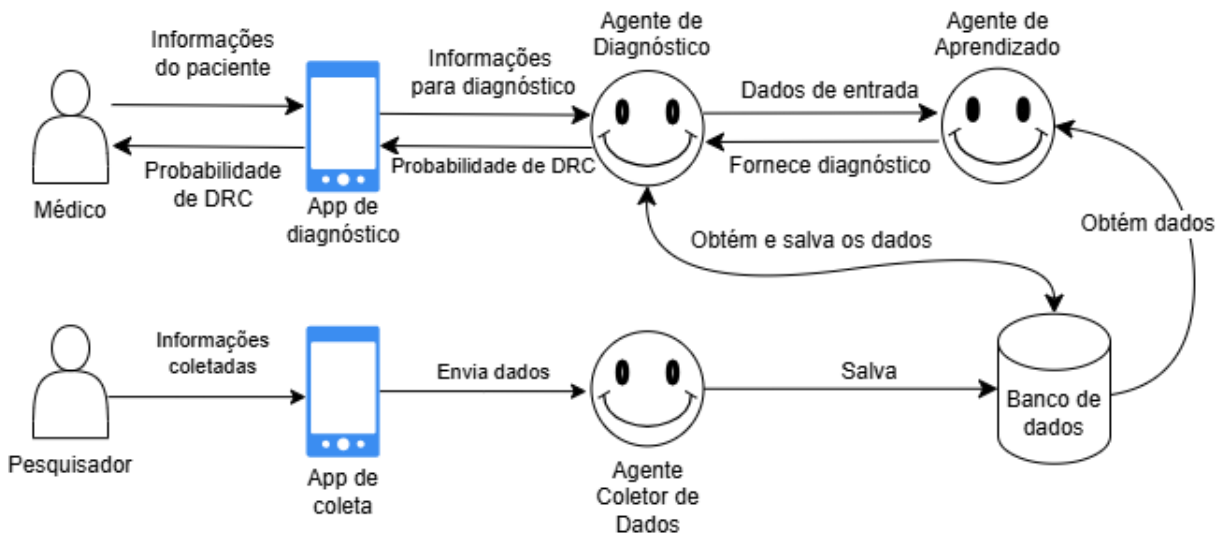


Figura 1. Diagrama de arquitetura do sistema multiagentes

Na etapa inicial de coleta de dados, pesquisadores, enfermeiros e médicos coletarão informações sobre a saúde e os hábitos dos pacientes descritas anteriormente. O Agente Coletor de Dados realizará o tratamento dessas informações e as salvará em um banco de dados na nuvem.

Em seguida, o Agente de Aprendizado obterá esse conjunto de fotos e informações

dos pacientes e, através de algoritmos de aprendizado de máquina e reconhecimento facial, treinará um modelo, que fornecerá a probabilidade do paciente possuir doença renal crônica com base nessas informações. Esse modelo terá como principais métricas a acurácia e o recall, sendo o objetivo obter um modelo final com baixo número de falso negativos.

O Agente de Diagnóstico, por sua vez, receberá do aplicativo de diagnóstico as mesmas informações dos pacientes mencionadas anteriormente, realizará o tratamento desses dados, salvará no banco de dados e fornecerá essas informações ao Agente de Aprendizado, que retornará a resposta ao aplicativo dos médicos.

5. Implementando a arquitetura

A arquitetura proposta será implementada na forma de um aplicativo destinado aos profissionais de saúde para diagnóstico de Doença Renal Crônica. Para demonstrar as funcionalidades desse aplicativo, foi desenvolvido um mockup inicial. A Figura 2a representa a tela para a qual o profissional de saúde é redirecionado após preencher seu usuário e senha. Nessa tela, é possível cadastrar novos pacientes, visualizar os pacientes já cadastrados ou buscar por uma pessoa específica.

Ao selecionar um paciente, o profissional de saúde é redirecionado para a tela representada na Figura 2b, que contém as informações pessoais do paciente e seu histórico de diagnósticos, como ilustrado na Figura 2c, utilizando o modelo de reconhecimento facial desenvolvido. O sistema permite a alteração das informações cadastradas do paciente ou a iniciação de um novo diagnóstico utilizando fotografias.

Ao buscar mais detalhes sobre um diagnóstico específico na aba "Histórico", o usuário é redirecionado para as telas representadas nas Figuras 2d e 2e. Nessas telas, é possível observar as informações sobre os hábitos do paciente, bem como as imagens da face e das mãos que foram utilizadas pelo modelo para gerar a probabilidade final.

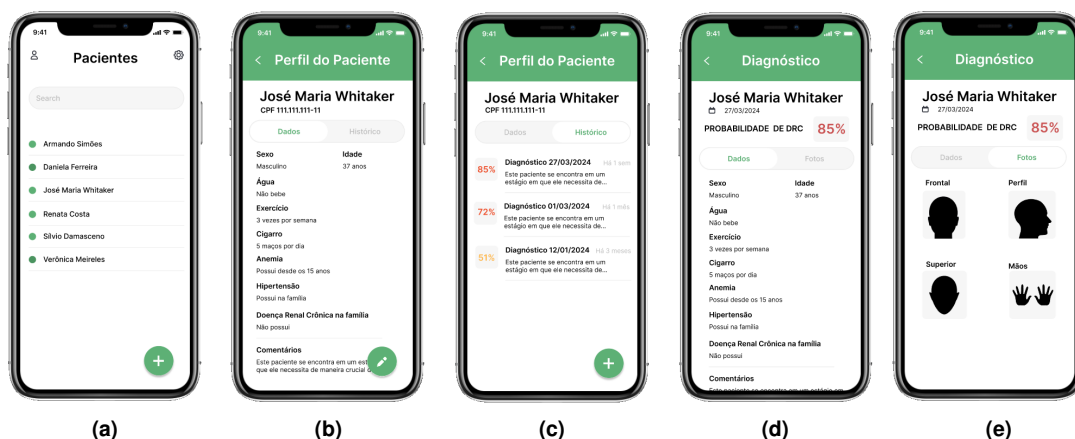


Figura 2. Telas de (a) lista de pacientes, (b) perfil do paciente, (c) histórico do paciente, (d) diagnóstico e (e) fotos do paciente

6. Conclusão

A revisão da literatura revelou que, embora existam diversos estudos que utilizam inteligência artificial para o diagnóstico de DRC, nenhum deles explora o potencial do

reconhecimento facial. Os resultados esperados podem preencher essa lacuna, proporcionando uma ferramenta eficiente e de fácil utilização para auxiliar pacientes em regiões de recursos escassos, e a identificação precoce da doença.

O projeto envolve a coleta de dados detalhados de pacientes com DRC, por meio de um aplicativo. Esses dados serão utilizados para treinar e validar o modelo de IA dentro de um sistema multiagente. A arquitetura proposta assegura a segurança e integridade dos dados, enquanto o aplicativo desenvolvido permitirá que os profissionais de saúde utilizem a tecnologia de maneira prática e eficiente.

Este estudo não apenas contribui para o avanço tecnológico no diagnóstico da DRC, mas também tem o potencial de melhorar a qualidade de vida dos pacientes ao possibilitar diagnósticos mais rápidos e precisos. Futuramente, a expansão do uso de reconhecimento facial para outras condições médicas pode transformar a prática médica, tornando-a mais preventiva e personalizada.

Referências

- AAD (2019). *Kidney disease: 11 ways it can affect your skin*. American Academy of Dermatology Association.
- Alcalde, P. R. and Kirsztajn, G. M. (2018). Expenses of the brazilian public healthcare system with chronic kidney disease. *Brazilian Journal of Nephrology*.
- Dashtban, A. et al. (2023). Identifying subtypes of chronic kidney disease with machine learning: development, internal validation and prognostic validation using linked electronic health records in 350,067 individuals. *eBioMedicine*.
- Divya, C. D. et al. (2021). An efficient machine learning approach to nephrology through iris recognition. *eBioMedicine*.
- Kumar, K. et al. (2023). A deep learning approach for kidney disease recognition and prediction through image processing. *Applied Sciences*.
- Levine, H. (2022). The 5 stages of kidney disease. Health.
- Lupi, O. et al. (2011). Manifestações cutâneas na doença renal terminal. *Anais Brasileiros De Dermatologia*, 86(2):319–326.
- Malkina, A. (2023). Doença renal crônica. Manual MSD.
- Ministério da Saúde (2019). *14/3 – Dia Mundial do Rim 2019: Saúde dos Rins Para Todos*. Ministério da Saúde, Ceará.
- Qiang, J. et al. (2022). Review on facial-recognition-based applications in disease diagnosis. *National Library of Medicine*.
- Wu, D. et al. (2021). Facial recognition intensity in disease diagnosis using automatic facial recognition. *National Library of Medicine*.