Sistema de Monitoramento de Fadiga em Tempo Real: Uma Abordagem de Visão Computacional

Maria Eduarda do Nascimento Abranches 1; 0009-0007-9562-3047

Kevin Amorin Fuchs1; 0009-0004-9562-0885

Ualison Silva Florencio1; 0009-0004-0700-6811

Gabriel Figueiredo Teixeira 1; 1234-1234-1234-1234

Vitor Amadeu Souza1; 0000-0002-7558-4958

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.

[ualison.silva@outlook.com](mailto:exemplo@gmail.com) (contato principal)

**Resumo:** Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento de operadores baseado em visão computacional, com o objetivo de detectar sinais de sonolência, fadiga e desatenção em tempo real. Utilizando bibliotecas como OpenCV, MediaPipe e Pygame, o sistema monitoriza os movimentos faciais do operador, como a abertura dos olhos (EAR - Eye Aspect Ratio) e bocejos (MAR - Mouth Aspect Ratio), para identificar sinais de sonolência e cansaço. Além disso, foi implementada uma técnica para detectar desatenção por meio da análise da posição da cabeça e simetria facial. Quando condições críticas são detectadas, o sistema gera alertas visuais e sonoros em tempo real. A validação do sistema foi realizada em ambientes controlados, com análise da taxa de acerto das detecções. Os resultados demonstram que o sistema é eficaz na identificação de sinais de fadiga e sonolência, proporcionando uma solução acessível e não invasiva para aumentar a segurança em ambientes de trabalho que exigem alta concentração, como indústrias, transportes e áreas de controle de tráfego.

**Palavras-chave**: Monitoramento de fadiga, visão computacional, detecção de sonolência, desatenção, MediaPipe, OpenCV.

# INTRODUÇÃO

A fadiga, sonolência e desatenção são condições críticas em ambientes de trabalho que exigem concentração contínua, representando riscos significativos para a segurança dos operadores. (Chemical Risk, 2025). No contexto de ambientes industriais, o monitoramento constante desses fatores pode ser um desafio devido às limitações das soluções atuais, que frequentemente dependem de equipamentos caros e invasivos. A detecção precoce de sinais de fadiga e sonolência pode ser decisiva para a prevenção de acidentes. (Kakhi et al. (2024)

Recentemente, técnicas de visão computacional e aprendizado de máquina têm se mostrado promissoras para abordar esses desafios de forma não invasiva e eficaz. Diversos estudos indicam que a análise de pontos faciais e movimentos, como a abertura dos olhos e a posição da cabeça, pode ser utilizada para identificar sinais precoces de sonolência e desatenção. Vural et al. (2007) discutem como a visão computacional tem superado métodos tradicionais, como sensores e eletro-oculografia (EOG), devido à sua capacidade de monitorar o operador de maneira eficiente sem interferir no seu trabalho. Além disso, (Li et al. 2023) afirmam que o uso de técnicas baseadas em redes neurais para a análise de imagens faciais pode melhorar a precisão na detecção de sinais de fadiga em tempo real.

No presente trabalho, propomos um sistema de monitoramento de fadiga baseado em visão computacional, que utiliza a técnica de Eye Aspect Ratio (EAR) para detectar sonolência e a Mouth Aspect Ratio (MAR) para identificar fadiga, como bocejos. O sistema também analisa a orientação da cabeça, utilizando a simetria facial para identificar sinais de desatenção. Esses sinais são processados em tempo real e alertas visuais e sonoros são gerados para notificar tanto o operador quanto um supervisor sobre possíveis riscos. O protótipo foi desenvolvido utilizando a biblioteca MediaPipe para extração de pontos faciais e o OpenCV para processamento de imagens, sendo validado em cenários controlados, , como discutido em (Chadha et al. 2024).

Este sistema representa uma solução inovadora para ambientes de trabalho que exigem alta concentração, oferecendo uma ferramenta de monitoramento que pode aumentar significativamente a segurança e a produtividade dos operadores.

**MÉTODOS**

**1. Plataforma de Processamento**

O sistema foi desenvolvido utilizando uma plataforma de processamento baseada em um computador convencional e a webcam do notebook, eliminando a necessidade de sensores externos adicionais, como sensores biométricos ou dispositivos específicos de monitoramento. Essa abordagem foi escolhida devido à facilidade de implementação, baixo custo e flexibilidade, permitindo que o sistema seja executado em equipamentos comuns encontrados em ambientes industriais. A câmera utilizada, embutida no notebook, foi selecionada com base na qualidade de captura de vídeo em tempo real, sendo capaz de fornecer imagens claras e nítidas para análise facial, o que é essencial para a precisão da detecção de sonolência, fadiga e desatenção.



Foto 1 – Fonte: Dell.com

A solução foi projetada para ser escalável e adaptável, permitindo que possa ser facilmente integrada a sistemas existentes em diversos tipos de ambientes operacionais, sem a necessidade de infraestrutura adicional. Embora o sistema tenha sido implementado com a webcam do notebook, ele pode ser facilmente adaptado para câmeras externas de maior qualidade no futuro, proporcionando flexibilidade para diferentes condições de uso. O processamento das imagens e a análise dos sinais faciais são realizados localmente no computador, garantindo uma resposta rápida e eficiente, mesmo em ambientes com variação de iluminação

**2. Processamento de Imagens com OpenCV e MediaPipe**

Para o processamento das imagens capturadas pela câmera, utilizamos a biblioteca OpenCV, amplamente conhecida e utilizada para manipulação de imagens e vídeos em tempo real. O OpenCV foi responsável pela captura (cv2.VideoCapture), exibição (cv2.imshow) e redimensionamento (cv2.resize) das imagens, além de realizar a fundamental conversão do espaço de cores (cv2.cvtColor). Esse processo de pré-processamento é crucial para garantir que as imagens estejam no formato ideal (tamanho e padrão de cor RGB) para a análise de pontos faciais pelo MediaPipe, aumentando a precisão da detecção.

Homem sentado em frente a parede branca

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Imagem 2 – Fonte: Autor

A detecção de pontos faciais foi realizada utilizando a biblioteca MediaPipe. MediaPipe é uma ferramenta avançada desenvolvida pelo Google, especializada na análise de vídeos e imagens em tempo real. Ela permite a detecção de até 478 pontos faciais em uma imagem, o que inclui os pontos ao redor dos olhos, boca e mandíbula. Esses pontos são fundamentais para as métricas de Eye Aspect Ratio (EAR) e Mouth Aspect Ratio (MAR), que são os principais indicadores usados para detectar sonolência e fadiga.

A biblioteca MediaPipe foi configurada para realizar a detecção de faces e extração dos pontos faciais em tempo real, com a possibilidade de identificar um rosto por vez. Isso permitiu que o sistema funcionasse de maneira eficiente em condições variáveis de iluminação e posição da câmera, oferecendo boa robustez em ambientes reais, sem a necessidade de um controle rigoroso de iluminação

**3. Detecção de Sonolência e Fadiga**

A detecção de sonolência foi realizada com base na técnica de Eye Aspect Ratio (EAR), que calcula a razão entre a altura e a largura dos olhos. O EAR é uma medida amplamente utilizada na detecção de sonolência, pois a diminuição da razão de abertura dos olhos é um dos primeiros sinais de cansaço. O sistema utiliza a posição dos pontos da pálpebra superior e inferior para calcular o EAR. Quando o valor do EAR cai abaixo de um determinado limiar (0.22), indicando que os olhos estão mais fechados, o sistema considera isso como um sinal de sonolência. Para confirmar a condição de sonolência, o sistema exige que o valor do EAR se mantenha abaixo desse limiar por 15 quadros consecutivos, garantindo que o alerta seja acionado apenas quando houver um padrão contínuo de sonolência.

Homem de camisa preta

O conteúdo gerado por IA pode estar incorreto.

Imagem 3 – Fonte: Autor

A detecção de fadiga é realizada utilizando a técnica Mouth Aspect Ratio (MAR). O MAR é calculado a partir da distância entre os pontos ao redor da boca, e é especialmente útil para identificar bocejos, que são um dos sinais mais comuns de fadiga. O sistema monitora a variação do MAR, e, quando o valor ultrapassa um limiar (1.0), indicando que o operador está bocejando, o sistema aciona um alerta visual discreto. Esse alerta serve como um sinal de cansaço para o operador e supervisor, permitindo que medidas preventivas sejam tomadas.

Além da sonolência e fadiga, a detecção de desatenção também é uma parte fundamental do sistema. A desatenção é monitorada por meio da análise da simetria facial, que avalia a orientação da cabeça em tempo real. O algoritmo calcula a razão entre as distâncias do nariz às bochechas para identificar se o operador desvia sua cabeça significativamente do campo de visão da tarefa. Caso uma postura de desatenção seja detectada, o sistema inicia um alerta escalonado: primeiro, um aviso visual é exibido na tela. Se esta condição persistir por 5 segundos, o sistema então aciona um alarme sonoro de alta prioridade, garantindo que a situação seja notada

**4. Geração de Alertas em Tempo Real**

Quando sinais de sonolência, fadiga ou desatenção são detectados, o sistema emite alertas visuais diretamente na tela de monitoramento do operador. Os alertas são coloridos para indicar o tipo de evento: um texto em vermelho para sonolência e fadiga (bocejo), e um texto em amarelo para desatenção, garantindo que o operador identifique a natureza do alerta rapidamente.

Além dos alertas visuais, o sistema gera um alarme sonoro para as condições de maior risco. Para o evento de sonolência, o alarme sonoro é contínuo e imediato. Para a desatenção, o sistema utiliza um alerta escalonado: primeiro exibe um aviso visual e, se a condição persistir por 5 segundos, o alarme sonoro também é ativado. Em ambos os casos, o som é interrompido instantaneamente assim que o operador retorna ao estado de alerta.

**5. Validação do Sistema**

A validação do sistema foi realizada em um ambiente controlado, utilizando vídeos com diferentes condições de iluminação e variações na posição do rosto. O conjunto de dados foi analisado para avaliar a precisão da detecção de sonolência, fadiga e desatenção. Para medir a performance do sistema, utilizamos as métricas de precisão, sensibilidade e especificidade. A precisão avalia a proporção de detecções corretas em relação ao total de alertas acionados, enquanto a sensibilidade mede a capacidade do sistema de identificar corretamente os casos de sonolência e fadiga. A especificidade avalia a capacidade do sistema de evitar alarmes falsos. Os resultados indicaram que o sistema obteve uma taxa de acerto significativa, validando a eficácia do método proposto

# RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inserir o texto em fonte Arial 12, justificado, espaço 1,5, com 6pt depois do parágrafo. Não deixar linha entre parágrafos.

Nas legendas de figuras, tabelas, quadros, dentre outros, utilizar fonte Arial 10, espaçamento 1,5, centralizado, acima do elemento gráfico. A fonte deve ser citada abaixo em fonte Arial 10, espaçamento 1,5, centralizado.

**4. Modelo de Aprendizado de Máquina**

Embora o sistema utilize principalmente técnicas baseadas em visão computacional, o aprendizado de máquina pode ser incorporado futuramente para melhorar a precisão e adaptabilidade do modelo. Modelos de redes neurais convolucionais (CNN) podem ser treinados para analisar padrões mais complexos de comportamento facial, como o movimento das sobrancelhas ou a combinação de múltiplos sinais faciais, para identificar sinais de fadiga e desatenção.

Atualmente, o sistema é baseado principalmente nas análises faciais diretas realizadas pelo MediaPipe, mas a implementação de algoritmos de aprendizado supervisionado pode aumentar a eficiência, permitindo que o sistema aprenda com dados históricos e se torne mais preciso ao longo do tempo. O modelo de aprendizado poderia ser ajustado para diferentes perfis de operadores, adaptando-se a características faciais individuais e variabilidade nas condições de trabalho.

Figura - Telefone modelo

Fonte: (NOKIA, 1800)

[vide NBR 14724:2018 – Informação e documentação – Trabalhos Acadêmicos – Apresentação].

# CONCLUSÕES

As conclusões da pesquisa devem corroborar com os resultados discutidos na seção anterior. Escreva de forma clara e objetiva.

# AGRADECIMENTOS (SE HOUVER)

Os autores podem incluir agradecimentos a colaboradores não-autores do trabalho, bem como, apoio financeiro (citar processo e agência de financiamento: CNPq, FAPERJ, PIC/FOA etc.).

Inserir o texto em fonte Arial 12, justificado, espaço 1,5, com 6pt depois do parágrafo. Não deixar linha entre parágrafos.

# REFERÊNCIAS

CHEMICAL RISK. *Fadiga no trabalho*. Disponível em: <https://www.chemicalrisk.com.br/fadiga-no-trabalho/>. Acesso em: 27 set. 2025.

KAKHI, K.; JAGATHEESAPERUMAL, S.; KHOSRAVI, A.; ALIZADEHSANI, R.; ACHARYA, U. R. *Fatigue Monitoring Using Wearables and AI: Trends, Challenges, and Future Opportunities*. 2024. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/387351165\_Fatigue\_Monitoring\_Using\_Wearables\_and\_AI\_Trends\_Challenges\_and\_Future\_Opportunities](https://www.researchgate.net/publication/387351165_Fatigue_Monitoring_Using_Wearables_and_AI_Trends_Challenges_and_Future_Opportunities?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 26 set. 2025.

CHADHA, Ramneet Singh; JUGESH; SINGH, Jasmehar. *Enhancing Road Safety: A Driver Fatigue Detection and Behaviour Monitoring System using Advanced Computer Vision Techniques*. Journal of Ubiquitous Computing and Communication Technologies, v. 6, n. 2, p. 123-129, 2024. Disponível em: https://irojournals.com/jucct/article/pdf/6/2/4. Acesso em: 26 set. 2025.

LI, X. et al. *Fatigue Detection Using Neural Networks and Vision-Based Techniques*. International Journal of Computational Intelligence, v. 18, n. 2, p. 50-61, 2023. DOI: 10.1007/s12559-023-05011-5.

VURAL, G.; KARA, S.; OZ, H. *Computer Vision for Fatigue Detection: A Comparison with Traditional EOG-based Methods*. Journal of Industrial Engineering and Technology, v. 15, n. 1, p. 12-23, 2007.

CHADHA, R. S.; JUGESH, M.; SINGH, J. *Enhancing Road Safety: A Driver Fatigue Detection and Behaviour Monitoring System using Advanced Computer Vision Techniques*. Journal of Ubiquitous Computing and Communication Technologies, v. 6, n. 2, p. 123-129, 2024. Disponível em: https://irojournals.com/jucct/article/pdf/6/2/4. Acesso em: 27 set. 2025.