



SISTEMAS VEICULARES DE DETECÇÃO DE SONOLÊNCIA E FADIGA

Pedro H. P. e Silva*¹, Gustavo Lobato Campos¹

¹IFMG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, *Campus Formiga*

Resumo – Um dos principais causadores de acidentes no trânsito tem sido a sonolência e fadiga de condutores, assim o monitoramento e alerta sobre essa condição tem sido amplamente estudado, e diversas metodologias para execução destas funções são elaboradas. O presente documento é resultado de pesquisa bibliográfica sobre trabalhos relacionados à sistemas de detecção de sonolência e fadiga em motoristas, com intuito de apresentar os principais conceitos associados ao assunto. Para a melhor compreensão do tema central, um estudo sobre os principais trabalhos publicados correlacionados à automação veicular e ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) é realizado, expondo desta forma os principais conceitos e sistemas desenvolvidos neste setor, além de, apresentar uma breve contextualização histórica. Em sequência são expostos os métodos mais comumente utilizados para detecção de fadiga e sonolência.

Palavras-Chave – Sonolência, Fadiga, ADAS, Automação Veicular.

VEHICLE SYSTEMS OF DROWSINESS AND FAILURE DETECTION

Abstract – One of the main causes of traffic accidents has been the drowsiness and fatigue of drivers, the monitoring and alertness of this condition has been widely studied, and several methodologies for carrying out these functions are elaborated. The present document is the result of a bibliographical research on work related to the systems of drowsiness and fatigue detection in drivers, in order to present the main concepts associated to the subject. For a better understanding of the central theme, a study on the main published works correlated to vehicle automation and ADAS is carried out, thus exposing the main concepts and systems developed in this sector, as well as presenting a brief historical context. In sequence the most commonly used methods for fatigue and drowsiness detection are discussed.

Keywords - Driver Drowsiness, ADAS, Failure, automation vehicular.

I. INTRODUÇÃO

A constante evolução da tecnologia embarcada em veículos
*pedrohps.eletrica@gmail.com

automotores, possui um importante foco no compartilhamento das funções de direção entre os sistemas embarcados e o motorista, desta forma, reduzindo a carga sobre o condutor durante o exercício de direção. Segundo [12], a automação veicular voltada à segurança possuirá seis eras ao longo do tempo como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Os períodos históricos passados pela automação veicular.



Acidentes envolvendo veículos automotores, causam no mundo, segundo um levantamento realizado pela Organização Mundial da Saúde em 2009, cerca de 3.400 mortes por dia. Especificamente no Brasil, pesquisas feitas por [2] apontam que morrem em média 44 mil pessoas por ano, e outras 400 mil pessoas permanecem com algum tipo de sequela.

As despesas com reparo dos danos causados pelos acidentes de trânsito no Brasil representam cerca de 5% do gasto do PIB (Produto Interno Bruto) do país segundo a OMS, uma alternativa para tentar reduzir estas estatísticas alarmantes, é o aumento da intervenção de sistemas eletrônicos de maneira inteligente nas tomadas de decisões no trânsito, essa técnica já possui ampla difusão no mercado em sistemas como: ESP (*Electronic Stability Program*), Assistente de Estacionamento, Sistemas Anti-Colisão, Identificadores de Sonolência e Fadiga. Essa interferência dos sistemas embarcados é categorizada pela SAE (*Society of Automotive Engineers*) com base no grau de participação do motorista e do veículo na tomada de uma determinada decisão. Segundo novo padrão internacional da SAE descrito em [1], os níveis de automação veicular são classificados de 0 a 5, sendo que 0 é a completa ausência de auxílio eletrônico nas

tomadas de decisões, e 5 é o controle total do automóvel à cargo de sistemas automatizados.

Segundo a norma J1306 da SAE os ADAS (Sistemas de Assistência Avançada ao Condutor) ocupam os níveis mais baixos na escala de automação veicular (1, 2 e 3), e consistem em sistemas baseados em automatizar determinadas funções veiculares, e possuem como característica ampliar as capacidades de direção do condutor (visuais, resposta, cognição) auxiliando nas tomadas de decisões, estes sistemas são separados em classes de acordo com o tipo de auxílio que é fornecido ao motorista. Segundo [7], estão divididos entre 4 classes de funções exercidas pelo processo, são elas:

- 1) Reforçar a percepção;
- 2) Despertar atenção aos riscos potenciais;
- 3) Desencadear uma advertência;
- 4) Executar o controle de segurança.

Segundo a Academia Brasileira de Neurologia (2017), estima-se que cerca 20% dos acidentes de trânsito no Brasil possuem como causa preponderante o sono ou fadiga excessiva do motorista. Assim, com o intuito de reduzir eventualidades atreladas a esses fatores, são aplicados diversos modelos de ADAS que monitoram e alertam os condutores de veículos automotores sobre a presença destas condições adversas durante o exercício de direção, esses sistemas são denominados Sistema de Detecção de Sonolência. O primeiro veículo produzido em escala comercial a possuir este sistema foi o modelo francês Citroen C4 em 2005, o sistema basicamente fazia uma leitura da posição do veículo na pista por meio de sensores posicionados no para-choque dianteiro, e em caso de um comportamento anormal, o motorista era alertado através de vibrações no banco.

A obtenção dos dados para monitoramento da situação do motorista pode se dar de duas maneiras: de maneira direta, ou seja, por meio de medições fisiológicas, como por exemplo a taxa de batimento cardíaco, taxa de atividade cerebral, ou medições comportamentais do condutor como o piscar dos olhos e expressões faciais. Este acompanhamento sobre a situação do motorista pode se dar de forma indireta, com base nos dados fornecidos pelo automóvel e presentes em sua rede de comunicação, como por exemplo, pressão exercida sobre os pedais (freio e acelerador), ângulo de giro do volante, dentre outras informações podem denominar uma situação de sonolência ou fadiga [6].

Por tratar-se de uma tecnologia ainda jovem, diversos setores da mesma ainda podem ser explorados, neste contexto, este artigo propõe uma revisão bibliográfica sobre Sistema de Detecção de Sonolência e Fadiga, com objetivo de entender o funcionamento e a base por trás destes, assim como analisar quais métodos se mostram mais eficazes e viáveis.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Contém nesta seção as metodologias e conceitos aplicados pelos principais trabalhos relacionados à: Automação Veicular, Sistemas de Assistência Avançada ao Condutor (ADAS), com maior ênfase ao sistema de detecção de sonolência e fadiga de motoristas. Além disso, essa sessão do trabalho possui como objetivo mostrar uma

visão global dos trabalhos relacionados ao tema, bem como, apresentar os métodos utilizados. Por fim, serão expostos as vantagens e desvantagens da aplicação de cada método.

A. Automação Veicular

Visando aumentos na segurança, conforto, na estabilidade e no rendimento dos veículos automotores, a indústria tem investido intensamente em sistemas eletrônicos embarcados. Com o intuito de auxiliar os condutores, diversas soluções eletrônicas vêm sendo desenvolvidas e implementadas nos veículos nas últimas décadas, diversas tarefas de direção são automatizadas, e desta forma, o motorista sofre com uma menor carga durante o exercício de condução.

Segundo [9], a base do sistema de automação veicular é composta por soluções em controle de subsistemas eletromecânicos, muitas delas invisíveis ao motorista, como por exemplo os sistemas de controle da injeção eletrônica, do câmbio automático e da direção servo-elétrica. Logo acima, num segundo patamar, encontram-se as soluções de controle que atuam na dinâmica do veículo, tais como freios ABS e sistemas ESP.

O crescimento no emprego de sistemas que tornam o veículo mais autônomo, fez com que surgisse uma escala a fim de quantificar os níveis de intervenção do motorista sobre o processo de direção de acordo com o nível de automação aplicado, essa categorização foi desenvolvida pela SAE, conforme previamente mencionado. A norma J3016, com última revisão em 2014, divide o grau de intervenção dos sistemas embarcados sobre as funções veiculares em seis níveis, variando estes de 0 a 5, no qual 0 é a ausência de automação e 5 o carro é completamente autônomo. Nos três níveis mais baixos de automação, o motorista é o único responsável pelo monitoramento do ambiente de direção, a partir do terceiro nível o sistema passa a fornecer esse auxílio, contudo, o condutor ainda possui a unicidade na atuação dinâmica na tarefa de condução, nos dois últimos graus de automação o sistema atua em todas as funções de direção, sendo assim, o que os diferencia é a possibilidade de intervenção humana no nível 4. Esses padrões são descritos na Tabela 1.

Tabela I - Níveis de automação Veicular.

SAE (Nível)	Nome	Definição pela Norma
0	Sem Automação	O condutor humano controla todos os aspectos da tarefa dinâmica de condução.
1	Assistência ao Motorista	O modo de direção-execução específica é feito pelo sistema ou pelo condutor.
2	Automação Parcial	O modo de direção-execução específica é feito por um ou mais sistemas de assistência
3	Automação Condicional	O modo de direção específica é feito por um sistema automatizado de condução em todos os aspectos da tarefa dinâmica de condução com a expectativa de que o condutor humano assuma o controle se requisitado.

4	Alto Nível de Automatização	O modo de direção específica é feito por um sistema automatizado de condução em todos os aspectos da tarefa dinâmica de condução, mesmo que o condutor humano não assuma o controle apropriadamente quando requisitado.
5	Integralmente automatizado	O modo de direção específica é feito por um sistema automatizado de condução em todos os aspectos da tarefa dinâmica de condução sob quaisquer condições ambientais.

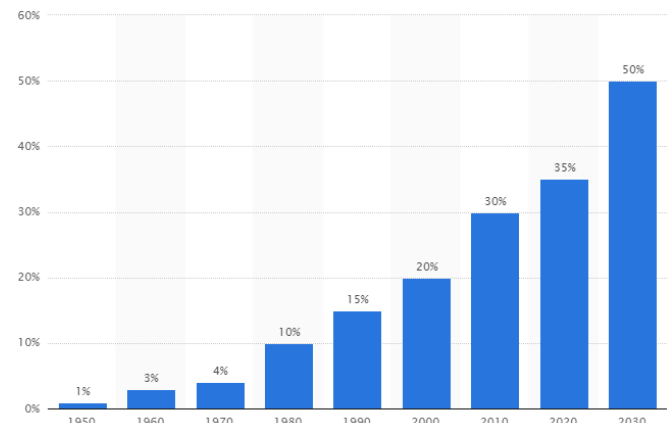
Fonte: [1]

A crescente inserção de componentes eletrônicos nos automóveis e o constante desenvolvimento de protocolos que possibilitem a comunicação entre os mesmos ou até mesmo entre diferentes veículos (V2V), desperta a preocupação das montadoras de carro com ataques cibernéticos sobre os sistemas veiculares, essa precaução é denominada de *Cyber Security*. Segundo a [15] o único *recall* relacionado à segurança veicular até o presente momento ocorreu em 2015 e envolveu um total de 1,4 milhão de veículos, isso possibilita compreender a importância do tema sobre veículos que possuam qualquer nível de automação.

B. Sistemas de Assistência Avançada ao Motorista (ADAS)

Em um cenário cotidiano no qual o automóvel tornou-se objeto indispensável para locomoção da grande maioria da população, um contínuo acréscimo na quantidade de unidades produzidas deste meio de transporte vem sendo observada desde o início de sua produção. Esse constante crescimento na frota de veículos, atrelado à não expansão proporcional da malha viária, ocasionam em superlotação das vias, que por sua vez gera um maior número de acidentes. Esses fatores fazem com que algumas características como: menores taxas de queima de combustíveis, maiores índices de segurança e conforto tornem-se cada vez mais foco de pesquisas das montadoras de veículos [4]. Para que possam ser desenvolvidos carros que possuam tais características o emprego dos ADAS é indispensável, e está fortemente atrelado à aplicação das ECUs. Segundo [16] estas unidades controlam as entradas e saídas dos sinais elétricos dos sistemas embarcados e gerenciam os protocolos de comunicação responsáveis pela sinergia entre os módulos utilizados nos veículos. Desde o início de seu emprego em veículos por volta de 1970, toda expansão eletrônica veicular passa pelo aprimoramento das ECUs. A grande quantidade de centrais empregadas nos veículos atualmente pode ser exemplificada por modelos de carro luxuosos como Série 7 da montadora alemã BMW possuem até 150 ECUs [17]. Na Figura 2 apresenta-se o percentual médio gasto na produção de um automóvel que é destinada à ECUs ao longo dos anos.

Figura 2: Crescimento nos gastos com ECUs ao longo das décadas.



Fonte: [17].

Uma grande variedade de sistemas de assistência ao motorista são aplicados por fabricantes de automóveis para automatizar as operações de condução, reduzindo assim a carga sobre o motorista e, por conseguinte, reduzindo os acidentes rodoviários. Segundo [3] o ADAS pode ser subdividido em quatro classes de acordo com modelos de automação, são elas:

1. Aumento da Percepção: são os sistemas que possuem como principal função monitorar situações em que o condutor não tem condições de controlar com precisão a ação.
2. Alerta para riscos potenciais: sistemas que têm intuito de advertir o condutor sobre alguma situação de risco existente.
3. Avisos desencadeados: são sistemas que solicitam que o motorista realize alguma ação específica em uma determinada situação de risco.
4. Controle de segurança automático: este sistema é acionado quando o condutor não toma providências quando alertado ou a ação de controle do condutor é insuficiente para contornar a situação de risco.

Ao longo das décadas que sucederam o início do desenvolvimento de ADAS até os dias atuais, diversas tecnologias foram elaboradas, implementadas e aprimoradas nos automóveis.

Segundo [10], sistemas de auxílio aos motoristas podem ainda serem divididos de acordo com o conjunto de agrupamento a que funcionam. Os principais são:

- Sistema de Distribuição Elétrica (EDS)
- *Powertrain*
- Segurança
- Conforto e Conveniência
- Informação e Entretenimento (*Infotainment*)
- Telemática
- Sistemas de Navegação

C. Sistemas de Detecção de Sonolência e Fadiga

Fatores relacionados à condição física e mental do condutor estão entre os principais fatores causadores de acidentes no trânsito, dentre essas causas, segundo a [2]. Fadiga e sonolência causam cerca de 6% dos acidentes de trânsito, estes acontecimentos ocorrem em um curto intervalo de tempo, desta forma, se faz necessário a aplicação de sistemas detecte as condições adversas dos motoristas nos primeiros sinais e alertem o mesmo.

Segundo [6], para evitar esses acidentes, os estados de sonolência e fadiga dos motoristas devem ser monitorados. As medidas a seguir são amplamente utilizadas para tal monitoramento:

- Medidas baseadas no veículo – São dados providos de informações fornecidas pelo automóvel como: desvios da posição da pista, angulo do volante, pressão no pedal de aceleração, dentre outros, são constantemente monitorados e qualquer variação nestes que ultrapasse um limite especificado indica uma probabilidade significativamente maior de que o motorista esteja em estado sonolento ou fadigado;
- Medidas comportamentais – São medições realizadas através de análise do comportamento do motorista, como por exemplo: bocejos, fechamento dos olhos, piscar dos olhos, postura da cabeça, etc..Tais itens podem ser monitorados por uma câmera e o motorista alertado se algum sintoma de sonolência for detectado;
- Medidas fisiológicas – Tratam-se de medições cujo os dados que serão analisados são extraídos de sinais fisiológicos como: eletrocardiograma (ECG), eletromiograma (EMG), eletrooculograma (EOG) e eletroencefalograma (EEG).

D. Obtenção da Condição do Condutor e Análise de Dados

Diversos métodos são empregados para que se obtenha a condição em que o condutor se encontra, possuindo sua utilização vinculada à eficiência necessária, tempo de resposta requerido, espaço disposto, dentre outros fatores.

O trabalho de [18], aborda um método de coleta de dados por meio de uma câmera disposta no painel do veículo, para que a imagem possa ser devidamente processada é realizada a conversão do formato de cores (de RGB para YCbCr). Posteriormente é feita a leitura do tom de pele, e com a segmentação do tom de pele torna-se possível a delimitação da área do rosto, em posse da área da face, a posição dos olhos é estimada próxima ao terceiro quarto do rosto (considerando que a cabeça não está inclinada), desta forma, para remover objetos conectados à borda da imagem e na região dos olhos foram usadas funções do *software* MATLAB. A região exata dos olhos foi identificada por um método de refinamento de resultados denominado *Traversing Method*. Após a detecção da posição do olho em uma imagem, a mesma pode ser cortada usando Segmentação baseada em Limiar. Possibilitando a leitura do estado do condutor. Para análise das informações recebidas utilizou-se o algoritmo que se baseia no aprendizado supervisionado da máquina (SVM), no qual dados são analisados e padrões são estabelecidos para futuras

comparações, este algoritmo realiza testes nas imagens oculares segmentadas, e em caso de detecção de alguma anomalia no comportamento do motorista um alarme deve ser soado.

Uma abordagem bem distinta pode ser observada em [19], este trabalho utiliza características da eletrocardiografia (ECG) e eletroencefalografia (EEG) e explora o potencial de redução do número de canais utilizados no EEG mantendo um aceitável nível de precisão, a fim de melhorar o desempenho da detecção. O estudo mede diferenças entre os estados de alerta e sonolência por meio de dados fisiológicos coletados de 22 indivíduos saudáveis com idades entre 18 e 35 anos em um estudo baseado em simulador de condução. A Escala de Sonolência de Karolinska (KSS) serviu como uma medida subjetiva nesta análise. Um ambiente de condução monótono é usado em um simulador de direção para induzir a sonolência nos participantes, nesse teste os indivíduos são colocados em uma estrada por 80 min em uma velocidade de 80 km/h sem a presença de outros automóveis. Após cada sessão, os sujeitos avaliaram seu nível de sonolência atual. As classificações dos indivíduos que exibiram sonolência foram comparadas antes e após a sessão de DM.

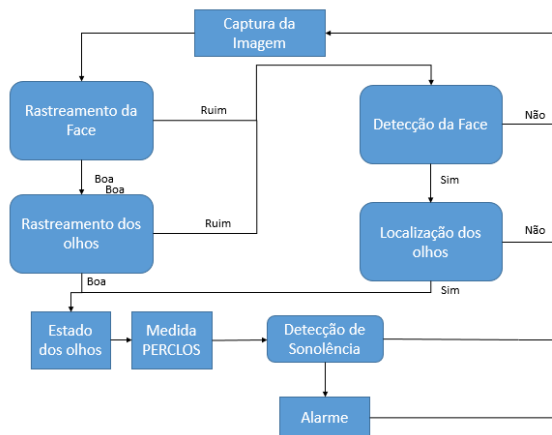
No trabalho supracitado, para a inspeção de dados fisiológicos pelo *software* EEGLAB, é necessário realizar a normalização das informações obtidas, sincronizado com a gravação de vídeo para remover artefatos de movimento e outros sinais indesejados produzidos a partir de movimentos da cabeça ou do corpo. A classificação do estado foi realizada usando o *software* de mineração de dados (Weka). A análise de desempenho de várias combinações de canais EEG com ECG também é realizado para investigar os efeitos da redução do número de canais EEG

Em uma vertente semelhante, [20] busca maximizar a quantidade de informações relacionadas à sonolência retiradas de um conjunto de eletroencefalograma (EEG), eletro-oculograma (EOG) e eletrocardiograma (ECG) durante uma simulação de direção. O que difere este trabalho do [19], é a utilização de um método de extração de recursos de transformação de pacotes *wavelet* (FMIWPT) para classificar o estado de sonolência do motorista em um dos níveis de sonolência pré-definidos, esta escolha foi feita porque sinais biomédicos geralmente consistem em componentes de alta-frequência breves estreitamente espaçados no tempo, acompanhados por componentes de longa duração, baixa frequência espaçados em frequência. *Wavelets* são considerados adequados para a análise de tais sinais como eles apresentam boa resolução de frequência, juntamente com resolução.

Em [21], os autores apresentam em seu trabalho um módulo para um ADAS a fim de reduzir o número acidentes devido à fadiga dos condutores. Este sistema lida com detecção automática de sonolência do motorista baseada em informações do veículo e Inteligência Artificial. De maneira análoga à C. Jaya (2014), utiliza-se do processamento de imagens como parte do processo de detecção da condição física do motorista, o formato de cores também é transformado de RGB para YCbCr, além disso, a medida utilizada como parâmetro para a determinação do estado do condutor é a

PERCLOS. A obtenção da condição do motorista se dá através dos estágios ilustrados na Figura 3.

Figura 3: Fluxograma do sistema proposto.



Fonte: [21] (Adaptado).

Com base nos trabalhos analisados, pode-se observar as características de cada método de obtenção das informações do condutor/veículo para análise. Estes métodos estão descritos na tabela 2.

Tabela II – Métodos de Obtenção das informações do condutor.

Método	Modo de Operação	Vantagens	Desvantagens
Processamento de Imagens	Captura as imagens por meio de uma câmera, e a transmite para um microcomputador ou processar, corrigir e identificar o estado dos motoristas.	Método com baixo índice de falhas; Fácil implementação em situações reais; Não necessita de um microcomputador de alta performance (porém a velocidade de processamento deste é diretamente proporcional ao tempo de resposta); Pouca poluição visual no interior do veículo;	Necessidade de manutenção na câmera; Falhas em decorrência do ângulo no qual a cabeça do condutor está inclinada;
Dados Fisiológicos	Os dados (EEG, EOG, ECG) são coletados por meio de eletrodos, e são transmitidos a um microcomputador ou para	Alta eficiência devido a possibilidade de combinar diversos sinais fisiológicos;	Alto grau de limitação de aplicabilidade, e, devido à limitação de movimentos que é imposta ao motorista;

processamento e identificação do estado do condutor.

Necessidade de trocas dos eletrodos;

III. CONCLUSÕES

Visando elevar principalmente o nível de segurança rodoviária, os veículos com alto índice de interferência de sistemas eletrônicos são uma realidade no mercado automobilístico atual, porém o futuro está presente nos automóveis integralmente autônomos.

Atualmente uma tendência que é possível se observar entre as montadoras automobilísticas é a conciliação entre aplicação de sistemas embarcados e as funções de condução do motorista, altos investimentos são realizados no desenvolvimento de novas tecnologias ligadas a este ramo do setor automobilístico buscando atingir níveis de automatização veicular mais elevados, e desta forma, as noções de direção e ambiente do condutor são elevadas, proporcionando maior conforto e segurança aos ocupantes.

Embasado na análise dos trabalhos aqui apresentados, a aplicação destes sistemas de detecção de sonolência e fadiga podem amenizar os alarmantes números de acidentes de trânsito no país, além disso, a extensa gama de métodos que podem ser empregados, mostraram-se de maneira geral possuir resultados satisfatórios, contudo, ferramentas que se utilizam de medidas fisiológicas para análise do estado do motorista, possuem uma clara limitação para a implementação em situações reais em decorrência da limitação física que é imposta ao condutor ao conectar eletrodos em seu corpo.

AGRADECIMENTOS

A todos os integrantes do Grupo de Pesquisa CNPq, GSE (Grupo de Soluções em Engenharia), pela interação e colaboração no desenvolvimento do presente trabalho, assim como ao IFMG - Campus Formiga.

REFERÊNCIAS

- [1] SAE INTERNATIONAL (2014), AUTOMATED DRIVING LEVELS OF DRIVING AUTOMATION ARE DEFINED IN NEW SAE INTERNATIONAL STANDARD J3016. 2014.
- [2] OMS (2013), Levantamento das mortes devido à acidentes de trânsito no mundo. Acedido em 11/06/2018 http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/data/table_a2.pdf?ua=1
- [3] SAITO, Y.; ITOH, M.; INAGAKI, T. *Driver Assistance System with a Dual Control Scheme: Effectiveness of Identifying Driver Drowsiness and Preventing Lane Departure Accidents. IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, v. 46, n. 5, p. 660–671, oct.
- [4] R. RAJAMANI, *Vehicle Dynamics and Control*, 2012. 2ed, p.498, vol.3.
- [5] K. Bengler, K. Dietmayer, B. Farber, M. Maurer, C. Stiller and H. Winner, "Three Decades of Driver Assistance Systems: Review and Future Perspectives," in *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, vol. 6, no. 4, pp. 6-22, winter 2014.

- [6] Sahayadhas A, Sundaraj K, Murugappan M. *Detecting Driver Drowsiness Based on Sensors: A Review. Sensors (Basel, Switzerland)*. 2012;12(12):16937-16953. doi:10.3390/s121216937.
- [7] PARASURAMAN, R.; SHERIDAN, T.b.; WICKENS, C.d.. A model for types and levels of human interaction with automation. **Ieee Transactions On Systems, Man, And Cybernetics - Part A: Systems and Humans**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.286-297, maio 2000. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/3468.844354>.
- [8] JOHNSTON, R. H. A history of automobile electrical system. *Automotive Engineering International*. Sep., 1996, Vol. 114, pp. 56-66.
- [9] KELBER, Chistian Roberto et al. Tecnologias para automação veicular: soluções em mecatrônica e sistemas de apoio ao motorista. *Estudos Tecnológicos de Engenharia*, v. 23, p. 37-47, 2002. Disponível em: <<http://osorio.wait4.org/publications/Kelber-Estudos-Tecnol2003.pdf>>.
- [10] Poggetto, G. F. (2009). Critérios para seleção da arquitetura elétrica veicular em mercados emergentes. São Paulo.
- [11] Queiroz, K. L. (2011). SISTEMA BASEADO EM VÍDEO PARA DETECÇÃO DE SONOLÊNCIA EM MOTORISTAS.
- [12] Manieri, C. (2010). Eletrônica Veicular. *Automotive Business*, 96.
- [13] A *Evolução da Eletrônica*. BootBlock Bios Info, Acedido em 05/06/2018 <https://bootblockbios.wordpress.com/eletronica/evolucao-da-eletronica/>
- [14] NHTSA. (2016). *Automated Vehicles for Safety*. Acedido em 01/08/2018 <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>
- [15] NHTSA. (2017). *Vehicle CyberSecurity*. Acedido em 01/08/2018 <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/vehicle-cybersecurity>
- [16] ANJOS, E. G. (2011). A EVOLUÇÃO DA ELETRÔNICA EMBARCADA NA. 77-78.
- [17] embitel. (07 de 2017). 'ECU' is a Three Letter Answer for all the Innovative Features in Your Car: Know How the Story Unfolded. Fonte: embitel.
- [18] C. Jaya Bharathi (2014), Detection of Drowsiness in Human Eye using SVM.
- [19] AWAIS, Muhammad; BADRUDDIN, Nasreen; DRIEBERG, Micheal. Driver drowsiness detection using EEG power spectrum analysis. **2014 Ieee Region 10 Symposium**, [s.l.], p.244-247, abr. 2014. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/tenconspring.2014.6863035>.
- [20] KHUSHABA, R N et al. Driver Drowsiness Classification Using Fuzzy Wavelet-Packet-Based Feature-Extraction Algorithm. **Ieee Transactions On Biomedical Engineering**, [s.l.], v. 58, n. 1, p.121-131, jan. 2011. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tbme.2010.2077291>.
- [21] ALSHAQAQI, Belal et al. Driver drowsiness detection system. **2013 8th International Workshop On Systems, Signal Processing And Their Applications (wosspa)**, [s.l.], maio 2013. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/wosspa.2013.6602353>.