

# Técnicas de Aprendizagem Profunda na Análise Comportamental de Motoristas: Revisão Sistemática da Literatura

Lucas Lima

Resumo—FALTANTE

Palavras-chave—Motorista, Análise Comportamental, Deep Learning, Aprendizagem Profunda

## 1 INTRODUÇÃO

A ANÁLISE comportamental, dentro do campo da inteligência artificial, é uma atividade bastante difundida e pesquisada, explorando o uso de diversas técnicas de aprendizado, como o aprendizado superficial, *shallow learning*, a lógica difusa e o aprendizado profundo, mais conhecido como *deep learning*. *Deep learning* é um método que aplica técnicas de aprendizado superficial não lineares encadeadas em múltiplos níveis, com a finalidade de aprender tarefas complexas a partir de dados não tratados, LeCun *et al.* [1].

O comportamento de condução pode ser definido como uma sequência de ações segmentáveis e realizadas uma a uma quando há interação entre o motorista e o veículo [2]. Nesta revisão utilizamos a definição acima, mas com uma especificidade ainda maior, além de ser uma sequência de ações, executadas uma a uma, elas devem ocorrer por um período de tempo limitado e ser mensuráveis por meio de sensores automotivos instalados no veículo.

As sessões seguintes estruturam esta pesquisa conforme a ordem: na seção 2 o protocolo da pesquisa é detalhado, bem como seu objetivo e as questões de pesquisa; na seção 3 são apresentados os resultados obtidos; a discussão sobre o tema ocorre na seção 4; a conclusão deste trabalho e as ameaças à sua validade são expostos nas seções 5 e 6, respectivamente.

## 2 PROTOCOLO DE REVISÃO

Nesta seção são apresentadas todas as diretrizes que guiaram o processo de revisão sistemática da literatura, a fim de atingir os objetos explicitados na seção 2.1.

O modelo de trabalho foi baseado nas diretrizes documentadas pela Kitchenham [3] e executado seguindo três macro etapas: 1) Levantamento bibliográfico; 2) Seleção dos artigos; 3) Análise dos estudos selecionados. A imagem 1 demonstra a sequência iterativa de atividades realizadas dentro de cada macro etapa.

O levantamento bibliográfico foi essencial na definição e refinamento da *string* de busca, discutida com maiores detalhes no item 2.2; e o uso dos filtros de pesquisa serviram para delimitar a abrangência e destacar os resultados que seriam melhor aproveitados para o cumprimento do objetivo deste trabalho. A etapa de seleção encarregou-se da

curadoria do material gerado pelo estágio anterior. Àqueles artigos que não infringiram nenhum dos critérios de exclusão foram reservados para uma análise mais minuciosa e crítica. A conclusão da última macro etapa que consistiu na análise crítica e mapeamento das técnicas de aprendizagem profunda na análise comportamental de motoristas, resultou na seção 4.

### 2.1 Objetivos da revisão sistemática de literatura

A revisão sistemática da literatura tem como objetivo coletar, organizar e compreender o estado da arte de projetos de pesquisa que explorem exclusivamente a aplicação de métodos de aprendizagem profunda na análise idiossincrática de condutores veiculares. Além destas características, o estudo limita-se a incluir pesquisas cujo os dados coletados sejam provenientes de sensores instalados no veículo.

Além de propiciar avanços significativos nos campos de reconhecimento de imagens e reconhecimento da fala, a aplicação de *deep learning* também traz melhores resultados quando aplicada em conjuntos de dados grandes e de alta dimensionalidade, se comparada aos métodos tradicionais de aprendizado superficial [1]. Para o objetivo do estudo, esta técnica é particularmente importante, pois as informações que descrevem o comportamento do condutor são classificadas como séries temporais multidimensionais [4]. Aplicada a este contexto, a série de dados descreve o estado atual do veículo, dado um momento específico no tempo, e é composta por medições de diversos sensores como a aceleração, a velocidade, o ângulo do volante, dentre outras mais.

### 2.2 String de busca

A *string* de busca constitui uma das principais partes de uma revisão sistemática da literatura, pois é a partir dela que todo o estudo será conduzido. Caso o conjunto de termos escolhidos não consiga expressar plenamente a necessidade da pesquisa, os resultados oriundos das bases de pesquisa não estarão condizentes com as necessidades do pesquisador. Justamente para evitar o cenário acima, a cadeia de pesquisa empregada neste estudo foi dividida e evoluída

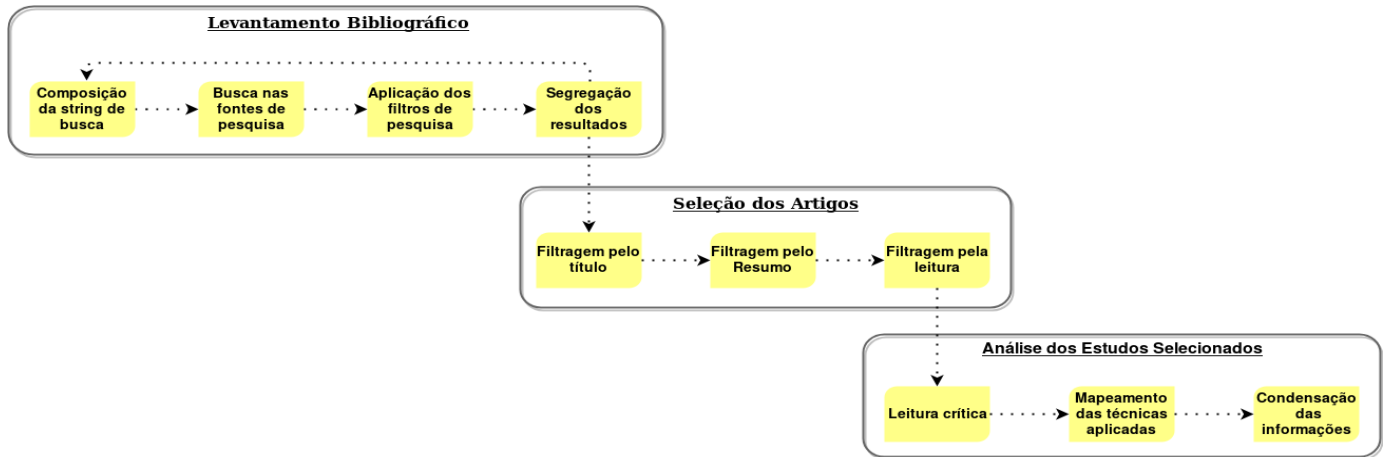


Figura 1. Detalhamento das três macro etapas utilizadas para a confecção desta revisão sistemática da literatura.

iterativamente com o auxílio das plataformas Scopus e Web of Science. As duas partes da *string* passaram pelo mesmo processo de amadurecimento.

Primeiro um termo genérico foi apresentado às plataformas supracitadas e, a partir das palavras-chaves retornadas, novos termos foram sendo incorporados à cadeia original. A quantidade total de documentos retornados e a quantidade de documentos por área do conhecimento foram as métricas utilizadas para avaliar a inclusão de novos termos.

A *query* de busca pelas técnicas de aprendizagem profunda contém 30 termos. Sem a aplicação de nenhum filtro nos resultados, 43.272 artigos foram retornados pelo Scopus e 24.928 pela Web of Science, uma diferença de 57,60%. Já a busca pelo comportamento do motorista possui 45 termos ao todo e, também sem a aplicação de filtros, a busca nas mesmas bases retornaram 36.968 e 21.548 artigos, respectivamente. Ambas as *queries* podem ser consultadas nas tabelas 1 e 2.

Quando a junção das duas cadeias é feita pelo conector lógico *E*, surge uma nova *string* de busca com 75 termos. Quando esta nova *string* é apresentada às plataformas de pesquisa, os resultados são reduzidos para 161 artigos no Scopus e 83 na Web of Science.

### 2.3 Questões de pesquisa

Kitchenham [3] defende que a definição das questões de pesquisa é o elemento mais importante de qualquer revisão sistemática e isto ocorre porque toda a metodologia da revisão será guiada por estes questionamentos.

No presente estudo foram elaboradas três questões de pesquisa com o objetivo de identificar quais técnicas de aprendizado profundo, aplicadas ao contexto de análise comportamental de condutores, vem sendo utilizadas e quais são as suas vantagens e desvantagens frente à outros modelos. Também houve a preocupação em compreender como os atributos captados do veículo instantaneamente estavam sendo tratados, organizados e apresentados à rede neural. As questões de pesquisa (QP) que nortearam este estudo, e suas justificativas, encontram-se abaixo ordenadas por relevância:

**QP1:** Quais são as arquiteturas de *deep learning* aplicadas na área de reconhecimento do comportamento de motoristas?

**String de busca 1:** Busca por técnicas de *deep learning* considerando o título, resumo e palavras-chave

TITLE-ABS-KEY:

*deep learning* OR *convolutional neural network* OR *convolution\* network* OR *deep neural network* OR *auto encoder* OR *deep belief network* OR *convolutional network* OR *cnn* OR *dbn* OR *deep architecture* OR *autoencoder* OR *deep bayesian network* OR *deep \* network* OR *deep convolution network* OR *deep convolutional network* OR *deep neural convolutional network* OR *deep neural convolution network* OR *deep autoencoder* OR *deep auto encoder* OR *deep \* autoencoder* OR *deep \* auto encoder* OR *dnn* OR *deep multilayer neural network* OR *deep artificial neural network* OR *deep boltzmann machine* OR *deep multitask learning* OR *deep extreme learning machine* OR *deep recurrent neural network* OR *deep rnn* OR *deep fuzzy*

As técnicas de aprendizagem profunda são aplicadas em diversas áreas do conhecimento. Wang [5], utiliza *deep learning* para identificar falhas em turbinas eólicas; Mukherjee [6] aplica a mesma técnica para realizar segmentação de nódulos pulmonares. As técnicas de redes neurais profundas, assim como as técnicas de redes neurais superficiais, podem ser classificadas como *feedforward* ou recorrentes; supervisionadas, semi-supervisionadas, não supervisionadas ou de reforço. Entender a arquitetura utilizada na rede neural, e a sua classificação, é importante para identificar quais redes produzem os melhores resultados considerando os dados apresentados e o tipo de problema que ela foi proposta à resolver.

**QP2:** Como devem ser tratados os casos de outliers e medições que apresentam interferências ou dados corrompidos?

Na atualidade, a captação de dados sensorizados pode ser considerada uma tarefa trivial, por isso os sensores estão presentes nos mais variados objetos do cotidiano.

**String de busca 2:** Busca por comportamento do motorista (*driving behavior*) e variações, considerando o título, resumo e palavras-chave

TITLE-ABS-KEY:

*drive\* identif\* OR drive\* fingerprint\* OR drive\* recogn\* OR drive\* behaviour\* OR drive\* behavior\* OR drive\* model\* OR drive\* perform\* OR drive\* modelling OR drive\* modeling OR drive\* feature OR drive\* mapping OR drive\* characteristic OR drive\* characteristic OR drive\* trait\* OR conductor\* identif\* OR conductor\* fingerprint\* OR conductor\* recogn\* OR conductor\* behaviour\* OR conductor\* behavior\* OR conductor\* model\* OR conductor\* perform\* OR conductor\* modelling OR conductor\* modeling OR conductor\* feature OR conductor\* mapping OR conductor\* characteristic OR conductor\* characteristic OR conductor\* trait\* OR driving identif\* OR driving fingerprint\* OR driving recogn\* OR driving behaviour\* OR driving behavior\* OR driving model\* OR driving perform\* OR driving modelling OR driving modeling OR driving feature OR driving mapping OR driving characteristic OR driving characteristic OR driving trait\* OR driving abilit\* OR driver\* abilit\* OR conductor\* abilit\**

Mesmo se tratando de uma atividade simples, existe a possibilidade de falha na leitura, produção de dados ruidosos ou corrompimento das informações. Liu [2] alerta que estes dados defeituosos interferem na capacidade de segmentação do comportamento do motorista. Esta pergunta auxiliou a identificar e entender quais são as estratégias mais utilizadas e adequadas na minimização do impacto causado por dados defeituosos e *outliers*.

**QP3:** *Quais campos sensorizados devem ser apresentados às redes neurais de aprendizado profundo?*

O objetivo desta pergunta é entender se a ordem de apresentação dos dados coletados pelos diferentes sensores acoplados ao veículo, altera o desempenho da rede *deep learning* durante a execução da atividade de segmentação de características do motorista.

## 2.4 Definição das fontes de pesquisa e filtros de resultado

A escolha das fontes de pesquisa ocorreu durante a primeira macro etapa deste projeto, a etapa de levantamento bibliográfico. A escolha das fontes de pesquisa não pode ser banalizada ou tratada com menor importância, pois elas serão responsáveis por entregar o corpo de textos a serem trabalhados nas demais etapas da revisão sistemática de literatura.

Na composição deste trabalho foram escolhidas duas bases de dados, a Scopus e a Web of Science. Outras fontes foram descartadas devido ao número de estudos retornados ser inferior, quando comparado às fontes de pesquisa previamente citadas, e por apresentarem artigos que já haviam sido mapeados.

Após a execução da *string* de busca nas duas fontes de pesquisa selecionadas, foi necessário refinar os resultados aplicando-lhes filtros restritivos. Primeiramente a área do conhecimento foi restringida à Ciência da Computação, Engenharia, Matemática e Ciências da Decisão; o segundo passo foi desconsiderar estudos que não estivessem na língua inglesa; finalmente, foram desprezados artigos que não eram classificados como artigos de conferência, artigos e artigos na imprensa. Não foi preciso restringir a procura a um período específico de tempo porque, para este estudo, era importante entender a evolução do uso das técnicas de aprendizado profundo.

Os parâmetros de busca tanto do Scopus quanto da Web of Science estão disponíveis integralmente em 3 e 4, respectivamente.

## 2.5 Critérios de inclusão e exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão auxiliaram na triagem dos artigos que continham todas as premissas necessárias para se atingir o objetivo do trabalho.

### 1) Critérios de inclusão aplicados:

- Faz uso de técnicas de *deep learning*
- Realizada análise do comportamento do motorista
- Utiliza dados provenientes de sensores

### 2) Critérios de exclusão

- Escrito em outro idioma senão o inglês
- Não descreve os procedimentos de análise comportamental
- Dados sensorizados provenientes de celulares ou outros dispositivos não-embarcados
- Não descreve os dados coletados do veículo

## 3 RESULTADOS DA PESQUISA

### 3.1 Estado da arte

### 4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5 CONCLUSÃO E OPORTUNIDADES

### 6 AMEAÇAS A VALIDADE DESTE TRABALHO

## REFERÊNCIAS

- [1] Y. Lecun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, 2015.
- [2] H. Liu, T. Taniguchi, K. Takenaka, Y. Tanaka, and T. Bando, "Reducing the negative effect of defective data on driving behavior segmentation via a deep sparse autoencoder," 2016.
- [3] B. Kitchenham and S. Charters, "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering," *Technical Report EBSE 2007-001, Keele University, UK*, 2007.
- [4] H. Liu, T. Taniguchi, K. Takenaka, and T. Bando, "Defect-repairable latent feature extraction of driving behavior via a deep sparse autoencoder," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 2, 2018, cited By 0. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85042305285&doi=10.3390%2fs18020608&partnerID=40&md5=9c3938225b4d8302ab95d4846006abd4>
- [5] L. Wang, Z. Zhang, H. Long, J. Xu, and R. Liu, "Wind turbine gearbox failure identification with deep neural networks," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 13, no. 3, pp. 1360–1368, 2017.
- [6] S. Mukherjee, X. Huang, and R. Bhagalia, "Lung nodule segmentation using deep learned prior based graph cut," 2017, pp. 1205–1208.

---

**String de busca 3:** String de busca específica utilizada na plataforma Scopus para pesquisar por *deep learning* e comportamento do motorista (*driving behavior*), considerando variações linguísticas. A pesquisa é realizada considerando o título, o resumo e as palavras-chave

---

```
(
  TITLE-ABS-KEY (deep learning OR convolutional neural network OR convolution * network OR deep neural network
    OR auto encoder OR deep belief network OR convolutional network OR cnn OR dbn OR deep architecture OR
    autoencoder OR deep bayesian network OR deep * network OR deep convolution network OR deep convolutional
    network OR deep neural convolutional network OR deep neural convolution network OR deep autoencoder OR deep auto
    encoder OR deep * autoencoder OR deep * auto encoder OR dnn OR deep multilayer neural network OR deep artificial
    neural network OR deep boltzmann machine OR deep multitask learning OR deep extreme learning machine OR deep
    recurrent neural network OR deep rnn OR deep fuzzy )
  AND
  TITLE-ABS-KEY (drive* identif* OR drive* fingerprint* OR drive* recogn* OR drive* behaviour* OR drive* behavior*
    OR drive* model* OR drive* perform* OR drive* modelling OR drive* modeling OR drive* feature OR drive* mapping
    OR drive* characteristic OR drive* characteristical OR drive* trait* OR conductor* identif* OR conductor* fingerprint*
    OR conductor* recogn* OR conductor* behaviour* OR conductor* behavior* OR conductor* model* OR conductor*
    perform* OR conductor* modelling OR conductor* modeling OR conductor* feature OR conductor* mapping OR
    conductor* characteristic OR conductor* characteristical OR conductor* trait* OR driving identif* OR driving
    fingerprint* OR driving recogn* OR driving behaviour* OR driving behavior* OR driving model* OR driving perform*
    OR driving modelling OR driving modeling OR driving feature OR driving mapping OR driving characteristic OR
    driving characteristical OR driving trait* OR driving abilit* OR driver* abilit* OR conductor* abilit* )
)
AND (
  LIMIT-TO ( SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "MATH")
  OR LIMIT-TO ( SUBJAREA , "DECI" ) ) AND ( EXCLUDE ( DOCTYPE , "re" ) ) AND ( EXCLUDE ( DOCTYPE ,
    "ch" ) ) AND ( EXCLUDE ( DOCTYPE , "cr" ) )
)
```

---

---

**String de busca 4:** String de busca específica utilizada na plataforma Web of Science para pesquisar por *deep learning* e comportamento do motorista (*driving behavior*), considerando variações linguísticas. A pesquisa é realizada considerando o tópico e título

---

```
(
TS=(deep learning OR convolutional neural network OR convolution * network OR deep neural network OR auto encoder
OR deep belief network OR convolutional network OR cnn OR dbn OR deep architecture OR autoencoder OR deep
bayesian network OR deep * network OR deep convolution network OR deep convolutional network OR deep neural
convolutional network OR deep neural convolution network OR deep autoencoder OR deep auto encoder OR deep *
autoencoder OR deep * auto encoder OR dnn OR deep multilayer neural network OR deep artificial neural network OR
deep boltzmann machine OR deep multitask learning OR deep extreme learning machine OR deep recurrent neural
network OR deep rnn OR deep fuzzy )
AND
TS=(drive* identif* OR drive* fingerprint* OR drive* recogn* OR drive* behaviour* OR drive* behavior* OR drive*
model* OR drive* perform* OR drive* modelling OR drive* modeling OR drive* feature OR drive* mapping OR drive*
characteristic OR drive* characteristical OR drive* trait* OR conductor* identif* OR conductor* fingerprint* OR
conductor* recogn* OR conductor* behaviour* OR conductor* behavior* OR conductor* model* OR conductor* perform*
OR conductor* modelling OR conductor* modeling OR conductor* feature OR conductor* mapping OR conductor*
characteristic OR conductor* characteristical OR conductor* trait* OR driving identif* OR driving fingerprint* OR
driving recogn* OR driving behaviour* OR driving behavior* OR driving model* OR driving perform* OR driving
modelling OR driving modeling OR driving feature OR driving mapping OR driving characteristic OR driving
characteristical OR driving trait* OR driving abilit* OR driver* abilit* OR conductor* abilit* )
)
OR
(
TI=(deep learning OR convolutional neural network OR convolution * network OR deep neural network OR auto
encoder OR deep belief network OR convolutional network OR cnn OR dbn OR deep architecture OR autoencoder
OR deep bayesian network OR deep * network OR deep convolution network OR deep convolutional network OR
deep neural convolutional network OR deep neural convolution network OR deep autoencoder OR deep auto encoder
OR deep * autoencoder OR deep * auto encoder OR dnn OR deep multilayer neural network OR deep artificial neural
network OR deep boltzmann machine OR deep multitask learning OR deep extreme learning machine OR deep
recurrent neural network OR deep rnn OR deep fuzzy )
AND
TI=(drive* identif* OR drive* fingerprint* OR drive* recogn* OR drive* behaviour* OR drive* behavior* OR drive*
model* OR drive* perform* OR drive* modelling OR drive* modeling OR drive* feature OR drive* mapping OR
drive* characteristic OR drive* characteristical OR drive* trait* OR conductor* identif* OR conductor* fingerprint*
OR conductor* recogn* OR conductor* behaviour* OR conductor* behavior* OR conductor* model* OR conductor*
perform* OR conductor* modelling OR conductor* modeling OR conductor* feature OR conductor* mapping OR
conductor* characteristic OR conductor* characteristical OR conductor* trait* OR driving identif* OR driving
fingerprint* OR driving recogn* OR driving behaviour* OR driving behavior* OR driving model* OR driving
perform* OR driving modelling OR driving modeling OR driving feature OR driving mapping OR driving
characteristic OR driving characteristical OR driving trait* OR driving abilit* OR driver* abilit* OR conductor*
abilit* )
)
```

Refined by: WEB OF SCIENCE CATEGORIES: ( COMPUTER SCIENCE ARTIFICIAL INTELLIGENCE OR  
ENGINEERING MULTIDISCIPLINARY OR COMPUTER SCIENCE CYBERNETICS OR COMPUTER SCIENCE  
INFORMATION SYSTEMS OR COMPUTER SCIENCE INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS OR  
COMPUTER SCIENCE THEORY METHODS OR MATHEMATICS INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS OR  
ENGINEERING ELECTRICAL ELECTRONIC )

Indexes=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Timespan=All years

---