



Ministério da Educação
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI
Criada pela Lei nº 10.435, de 24 de abril de 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Campus Itajubá

**APRENDIZADO DE MÁQUINA VIA APRENDIZAGEM
PROFUNDA (*DEEP LEARNING*)**

Área: 1.00.00.00-3

Subárea: 1.03.00.00-7

Palavras chave: aprendizagem profunda, classificação, dados abertos

Sumário

1	Introdução	3
1.1	Aprendizado de máquina e o problema de classificação	4
1.2	Aprendizagem Profunda (<i>Deep Learning</i>)	6
2	Objetivos e justificativas	6
3	Metodologia	8
4	Cronograma de atividades	10
5	Equipe	11
6	Resultados esperados	11

Resumo

Este trabalho propõe a pesquisa científica envolvendo o estudo da área de aprendizagem profunda (*deep learning*), que consiste num ramo do Aprendizado de Máquina. O aprendizado de máquina, que pode ser visto como uma subárea da Inteligência Artificial(IA), reúne um conjunto de modelos capazes de solucionar problemas matemáticos complexos como o reconhecimento de padrões. O grande desafio da IA é dotar a máquina da capacidade de resolver tarefas simples de serem executadas por um ser humano, mas de difícil descrição formal para que uma máquina possa solucioná-las. Tais tarefas são aquelas que as pessoas resolvem de forma intuitiva e automática, como, por exemplo, reconhecer alguém olhando para o seu rosto ou ouvindo sua voz. Os métodos de aprendizagem profunda vem se destacando nos últimos anos. Este projeto se dedica especificamente ao estudo dos conceitos básicos acerca do aprendizado profundo e à investigação da viabilidade de aplicação deste modelo de aprendizado de máquina para solucionar o problema de classificação de dados. A tarefa de classificação está presente em diversas áreas de aplicação, e faz parte de processos mais complexos como o Reconhecimento de Padrões e a Mineração de Dados. O processo de classificação pode ser desempenhado pela máquina por modelos de aprendizado supervisionado, apresentando como meta encontrar uma função, empregando um conjunto de treinamento, que possa ser utilizada para prever a classe de um novo exemplo, a partir de seus atributos. Neste projeto pretende-se a geração de modelos de classificação aplicados a conjuntos de dados abertos, ou seja, dados que podem ser usados de maneira livre, reutilizados e redistribuídos por qualquer pessoa, com qualquer finalidade, definição onde pode se encaixar os dados públicos governamentais. O objetivo principal do projeto é a análise da aplicabilidade da técnica de aprendizagem profunda para a solução de problemas de classificação, enfocando seus aspectos teóricos e práticos. Esta proposta de trabalho envolve: estudo dos conceitos descritos na literatura, investigação das diversas aplicações da técnica, teste dos algoritmos adequados para desempenhar a tarefa de classificação de dados, e criação de modelos de classificação aplicados a conjuntos de dados abertos. Pretende-se ainda obter, a partir de testes dos algoritmos, as configurações adequadas do modelo para diferentes bases de dados, identificando características pertinentes ao modelo. Esta exploração da técnica será realizada a partir de bases de dados clássicas da literatura. E mais além, gerar comparações de acurácia da classificação com aprendizado profundo frente a classificadores clássicos, examinando as vantagens e desvantagens dos diferentes modelos.

1 Introdução

Na vida cotidiana, uma pessoa necessita de uma quantidade imensa de conhecimento sobre o mundo. Boa parte deste conhecimento é subjetivo e intuitivo, e consequentemente, difícil de ser representado formalmente. O computador precisa obter este conhecimento considerando que a meta para solução de um determinado problema seja se comportar de maneira inteligente. Um dos desafios da IA é como colocar dentro da máquina este conhecimento informal (ou não formalizado), aqui referenciado como subjetivo e intuitivo, que é essencial na solução de uma grande quantidade de problemas do mundo real [Goodfellow et al., 2016].

O núcleo do problema está na representação do dado que será processado pela máquina. Os sistemas computacionais de aprendizado de máquina ou reconhecimento de padrões precisam transformar o dado para que um subsistema de aprendizado, geralmente um classificador, possa detectar padrões num conjunto de dados.

O reconhecimento de padrões lida com problemas de classificação em que se busca por estruturas dentro de um conjunto de dados. Trata-se de um processo praticado com certa facilidade pelo ser humano, que desempenha esta tarefa no reconhecimento de faces, na leitura de caracteres ou no entendimento da própria fala, por exemplo. Contudo, o processo é extremamente complexo, sendo natural buscar o projeto de máquinas que sejam capazes de desempenhar a atividade de reconhecer padrões [Duda et al., 2012].

A classificação é uma tarefa presente em diversas áreas do conhecimento, destacando aqui as áreas de mineração de dados, reconhecimento de padrões e processamento de imagens. Com o aumento da complexidade dos problemas, envolvendo volumes de dados cada vez maiores, é evidente a demanda por métodos que possibilitem processamento e interpretação da informação, viabilizando o projeto de sistemas automáticos para classificação, apresentando como resultado final o reconhecimento de um padrão, que resulta na geração de conhecimento a partir de uma grande base de dados.

O problema abordado nesta proposta de projeto envolve a tarefa de classificação de dados através da Aprendizagem profunda (*Deep Learning*). Num contexto mais abrangente, o problema envolve um dos grandes desafios da Inteligência Artificial (IA): dotar a máquina da capacidade do ser humano de solucionar problemas intuitivos. O aprendizado profundo é um tipo particular de aprendizado de máquina, uma técnica que permite que os sistemas computacionais se aperfeiçoem através da experiência e dos dados. Trata-se de uma teoria da década de 1940, mas que emergiu nos últimos anos como uma tecnologia promissora, já que com o investimento de grandes empresas, inúmeras ferramentas e plataformas se tornaram

acessíveis para a aplicação do aprendizado profundo na solução de diversos problemas.

Segundo [LeCun et al., 2015], os métodos de aprendizagem profunda são métodos de aprendizagem da representação com múltiplos níveis de representação hierárquica, obtidos através da composição de módulos simples, mas não lineares, que transformam a representação em cada nível em uma representação em um nível mais alto e mais abstrato.

Este trabalho propõe a investigação da técnica de aprendizagem profunda aplicada à tarefa de classificação de dados. Inicialmente, pretende-se trabalhar com conjuntos de dados clássicos da literatura e conjuntos de dados simulados para validação e análise dos métodos. Os problemas reais a serem abordados envolvem conjuntos de dados abertos, que serão empregados também para demonstrar a viabilidade do emprego das técnicas. Ressalta-se que o objetivo principal envolve estudo específico do aprendizado profundo em suas diversas aplicações e execução de testes em problemas de classificação de dados para avaliação de desempenho e diferentes configurações dos métodos, além da identificação das classes de problemas para as quais o aprendizado em questão se apresenta mais adequado.

O conceito de dados abertos envolve um conjunto de características que permite definir uma base de dados como tal. A abertura de dados governamentais, por exemplo, busca transparência e participação. Uma das frentes deste projeto visa aplicações que gerem conhecimento que possa alcançar a sociedade. A disponibilização do dado, em conjunto com modelos de aprendizado de máquina que sejam capazes de produzir conhecimento compõe, nos dias atuais, sistemas computacionais essenciais.

As subseções 1.1 e 1.2, a seguir, apresentam conceitos iniciais de aprendizado de máquina, classificação e aprendizado profundo, contextualizando esta proposta.

1.1 Aprendizado de máquina e o problema de classificação

Para que seja possível obter sistemas computacionais capazes de descobrir conhecimento a partir de um conjunto de dados, são necessárias técnicas que possam criar, por si próprias, uma hipótese ou função a partir da experiência passada, e assim resolver um determinado problema. Esta hipótese pode ser uma regra ou um conjunto de regras que definem, por exemplo, que a propaganda do lançamento de um livro deve ser direcionada para determinados clientes. A base para geração do conjunto de regras são as compras de livros registradas no sistema para clientes cadastrados. Este é um processo de indução de uma hipótese a partir da experiência passada, chamado Aprendizado de Máquina [Facelli et al., 2011].

A indução é um recurso muito utilizado pelo cérebro humano como forma de derivar conhecimento. Este tipo de aprendizado é realizado por meio de raciocínio sobre um conjunto de exemplos, que permite a inferência de um conceito, de forma supervisionada ou não supervisionada. É aqui que se qualifica o problema de classificação, alvo da aplicação da técnica em estudo nesta proposta de projeto.

O problema de classificação é identificado quando se utiliza um conjunto de exemplos, onde cada exemplo é representado por um vetor de valores, que são os atributos, mais a classe associada, para obter conclusões genéricas. Trata-se do aprendizado supervisionado, que representa a forma mais comum de aprendizado de máquina, que fornece ao algoritmo os dados de treinamento (o conjunto de exemplos) e o algoritmo gera a regra, função ou hipótese que é capaz de determinar corretamente a classe de novos exemplos para os quais não se conhece a classe. O algoritmo aprende a partir dos dados de treinamento, ajustando um conjunto de parâmetros denominados pesos, que representam os coeficientes de uma função que define a solução de um problema de classificação: as fronteiras que separam as classes no espaço.

Este problema de classificação está presente em atividades de aquisição do conhecimento, que pode ser realizada por diferentes algoritmos. É importante compreender cada modelo avaliando seu poder e sua limitação. O estudo desta tarefa permite ainda melhor compreensão do aprendizado nos seres humanos, aumentando a capacidade de solução de problemas, sobretudo a partir de sistemas computacionais.

Um dos problemas das técnicas tradicionais de classificação é que seu bom desempenho está ligado ao processo de treinamento. Um bom conjunto de treinamento define um modelo de classificação mais adequado para uma aplicação. A definição do conjunto de treinamento é realizada pela seleção manual (por um ser humano) de um conjunto de características que são mais relevantes e melhor discriminam o dado. É um processo sujeito a erros pois depende de um especialista do domínio. Através de técnicas de aprendizado da representação, um algoritmo pode automaticamente, selecionar o melhor conjunto de características para a solução de um problema. A abordagem de aprendizagem profunda é do tipo aprendizagem da representação, ou seja, permite que um sistema computacional de classificação, por exemplo, tenha como entrada um conjunto de dados sem tratamento e, automaticamente, encontre a representação necessária para solucionar a tarefa.

1.2 Aprendizagem Profunda (*Deep Learning*)

A aprendizagem profunda permite que modelos computacionais compostos por múltiplas camadas de processamento aprendam a representação do dado em múltiplos níveis de abstração [LeCun et al., 2015]. Inúmeros conceitos para esta teoria são apresentados na literatura [Deng et al., 2014], referenciando o termo como uma técnica, um modelo ou um conjunto de algoritmos de aprendizado de máquina, capazes de desempenhar tarefas supervisionadas e não supervisionadas.

Segundo [LeCun et al., 2015], na aplicação da abordagem de aprendizado profundo na tarefa de classificação, as camadas mais altas de representação ampliam os aspectos da entrada que se apresentam mais importantes para a discriminação, suprimindo as variações não significativas. Cada camada se especializa numa característica ou conjunto de características. A chave da aprendizagem profunda é que as camadas de características não são definidas por um especialista humano, e sim aprendidas a partir do conjunto de dados empregando um procedimento de aprendizado automático.

Ainda conforme [LeCun et al., 2015] a técnica de aprendizado profundo pode se apresentar adequada para encontrar estruturas intrínsecas ao dado em conjuntos de alta dimensão, considerando diversas áreas do conhecimento, como a genética, o processamento de imagens digitais e tópicos relacionados ao processamento de linguagem natural - classificação, análise de sentimento e tradução de linguagem.

2 Objetivos e justificativas

O projeto tem como objetivo geral o estudo da técnica de aprendizado profundo aplicado à solução de problemas de classificação de dados. A pesquisa tem uma extensa base teórica a ser investigada e pretende gerar um denso material para consulta acadêmica. A aplicação da técnica para classificação de dados prevê a geração de vários experimentos, possibilitando o estudo das características do aprendizado profundo, além da possibilidade de definir adequação da técnica para criação de sistemas computacionais de classificação de dados numa área específica.

Para este projeto, considera-se como foco principal a geração de modelos de classificação baseado em aprendizado profundo aplicado a dados abertos, com possibilidades de gerar conhecimento que possa ser disponibilizado para a sociedade. A disponibilização de dados pelos órgãos públicos não implica em divulgação de conhecimento pertinente para o cidadão. O estudo de sistemas computacionais que podem gerar conhecimento de fato é de extremo

interesse da sociedade.

Dentre os objetivos específicos do projeto, destacam-se:

- Disponibilizar um referencial teórico acerca do aprendizado profundo, envolvendo não só os conceitos de aprendizado de máquina, mas também as bases matemáticas necessárias para o entendimento do aprendizado em questão.
- Selecionar e testar diferentes implementações disponíveis.
- Analisar o desempenho de diferentes implementações para classificação, ressaltando vantagens e desvantagens, a partir de diferentes conjuntos de dados.
- Avaliar o desempenho do método para grandes bases de dados.
- Investigar as características do modelo de classificação baseado em aprendizado profundo, buscando a melhor configuração de parâmetros para disponibilização, frente a conjuntos de dados distintos.
- Espera-se avançar na pesquisa, buscando definir classes de problemas que possam ser solucionados pela técnica de aprendizado profundo.

Este projeto se justifica nos seguintes aspectos:

- Projetar e implementar sistemas de análise de dados, providos de desempenho próximo da capacidade humana de analisar um conjunto e extrair conhecimento é extremamente importante. Por outro lado, com o grande volume de dados disponível nas mais diversas áreas do conhecimento, o ser humano precisa contar com o apoio de ferramentas automáticas que sejam capazes de descobrir relacionamentos entre as variáveis de um conjunto de dados.
- Novas e promissoras teorias vêm sendo descobertas com as pesquisas na área de aprendizado de máquinas. Uma teoria com base na aprendizagem profunda, permite ao computador aprender a partir da experiência e entender o mundo como uma hierarquia de conceitos, onde cada conceito é definido em relação a outros conceitos mais simples [Goodfellow et al., 2016].
- Trata-se de uma abordagem que minimiza a necessidade de especificar formalmente todo o conhecimento. A hierarquia de conceitos permite que o computador aprenda conceitos complicados, construindo-os a partir dos mais simples. Pensando graficamente, a ideia é obter um gráfico profundo, com muitas camadas, representando a construção dos conceitos.

- Considerando que as técnicas tradicionais de aprendizado de máquina apresentam seu desempenho limitado pela representação do dado, a disponibilização de um modelo menos dependente desta representação se mostra valiosa.

3 Metodologia

O projeto se subdivide em três grandes etapas, como se segue:

(A) Conceituação: Inicialmente o projeto é dedicado ao estudo da técnica. Partindo do levantamento bibliográfico realizado para desenvolvimento desta proposta, o primeiro passo é gerar o referencial teórico acerca de todos os conceitos pertinentes à investigação do emprego da técnica de aprendizado profundo ao problema de classificação de dados. Em seguida, a pesquisa enfoca a descrição das possíveis aplicações da técnica. Destaca-se o caráter teórico desta etapa.

(B) Teste de algoritmos: Após descrição dos conceitos e áreas de aplicação, será realizada uma busca das principais implementações disponíveis, no que se refere a diferentes algoritmos e diferentes linguagens de programação. Será verificada, em especial, para este projeto, o emprego da linguagem de programação Python. Definidas as implementações, será verificada a adequação para a tarefa de classificação, caracterizando o aspecto prático desta fase de projeto. Os testes serão realizados empregando bases de dados clássicas da literatura, como conjuntos de dados disponíveis no repositório de dados UCI [Bache and Lichman, 2013] e conjuntos simulados. Para obtenção e análise dos resultados, um conjunto de medidas de avaliação da classificação será determinado. E, nesta etapa serão também selecionadas as ferramentas mais apropriadas para obtenção dos resultados de classificação. A plataforma Python será alvo de estudo, mas cabe avaliar outras ferramentas disponíveis e, em caso de melhor adequação ao projeto, serão selecionadas e utilizadas.

(C) Classificação de conjuntos de dados abertos: A partir das implementações estudadas na etapa anterior, serão propostos experimentos a partir de conjuntos de dados abertos em diferentes áreas. Cabe nesta etapa selecionar os dados para a pesquisa, que apesar de estarem disponíveis na rede para a sociedade, serão selecionados de acordo com o tema, já que a fase de avaliação de um classificador implica na geração de conhecimento. E a avaliação do conhecimento gerado requer um especialista no assunto que possa validar os resultados obtidos. Nesta fase do projeto é possível ainda comparar resultados, uma vez que outros classificadores podem ser empregados, analisando a eficiência de cada modelo.

Em todas as etapas serão enfocados os aspectos teóricos e práticos das abordagens estudadas. Serão investigadas as redes neurais artificiais compostas de muitas camadas, como as chamadas redes neurais do tipo perceptron de múltiplas camadas [Haykin, 2001], com aprendizado profundo, uma vez que o termo aprendizagem profunda é empregado para definir o problema de treinar redes neurais artificiais que realizam o aprendizado de características de forma hierárquica, onde características nos níveis mais altos da hierarquia são formadas pela combinação de características de mais baixo nível [Schmidhuber, 2014].

Cabe pesquisa efetiva na seleção dos algoritmos e implementações disponíveis, baseando-se em seus aspectos teóricos e suas aplicações destacadas na literatura. Na prática, podem surgir parâmetros novos e adaptação dos existentes, mantendo a característica original da técnica ou sugerindo nova abordagem. Pode haver necessidade de implementação dos modelos que compõem a técnica, ou integração de diferentes bibliotecas disponíveis. Não se pretende aqui a obtenção dos algoritmos mais otimizados e sim aqueles de execução viável, para que um maior número de experimentos sejam executados, possibilitando o estudo de diferentes conjuntos de dados.

Para a análise de desempenho dos modelos investigados é necessária a formação de um cenário de testes, ou seja, seleção de conjuntos de dados que serão submetidos ao sistema. Este sistema deve retornar, para os modelos de classificação, a classificação obtida para cada classificador, através de medidas de desempenho previamente definidas que possam determinar a qualidade da classificação obtida.

Pretende-se programar seminários envolvendo os participantes, pesquisadores, professores e demais estudantes de graduação e pós-graduação interessados para discussão dos resultados obtidos. E ainda fazer ajustes na metodologia e cronograma na medida em que forem identificadas questões em aberto ou situações que necessitem uma maior atenção por parte da equipe.

A estrutura para o desenvolvimento conta com o apoio das instalações já existentes na UNIFEI, dentro dos laboratórios de pesquisa. A avaliação das atividades realizadas se dará por meio do acompanhamento sistemático do andamento da pesquisa com reuniões semanais ou quinzenais, confecção de relatórios, além de seminários e reuniões de projeto que possam promover troca de experiência, sanar possíveis dúvidas e analisar o rumo do desenvolvimento dos trabalhos. A submissão de artigos para congressos e revistas especializadas, além da participação em conferências é de extrema importância, principalmente nas áreas de inteligência artificial, mineração de dados e reconhecimento de padrões.

4 Cronograma de atividades

A Tabela 1 apresenta o cronograma para o período de 12 meses de projeto, de acordo com as atividades de pesquisa descritas a seguir.

(A) Conceituação

- (1) Análise dos aspectos teóricos dos modelos
- (2) Aplicabilidade dos modelos na literatura

(B) Teste

- (1) Seleção das implementações disponíveis
- (2) Seleção dos conjuntos de dados
- (3) Teste e avaliação das implementações

(C) Classificação

- (1) Seleção dos conjuntos de dados abertos
 - (2) Proposta de construção dos modelos de classificação
 - Obtenção do modelo de classificação
 - Análise dos resultados obtidos
- Submissão de artigo
 - Relatório de projeto

Tabela 1: Cronograma de atividades para 12 meses de projeto.

Atividade / Mês	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
(A) Conceituação												
(1)	x	x	x									
(2)				x								
(B) Teste												
(1)					x	x	x	x				
(2)					x	x	x	x				
(3)						x	x	x				
(C) Classificação												
(1)									x	x	x	
(2)										x	x	
Artigo											x	x
Relatório												x

5 Equipe

As necessidades de pessoal para execução deste projeto são supridas por alunos de iniciação científica e alunos em fase de desenvolvimento de trabalho final de graduação (TFG), orientados pelo coordenador deste projeto. Trabalhos em colaboração com outros pesquisadores, como coorientações de TFG e dissertação de mestrado também estarão alinhados com os temas abordados neste projeto de pesquisa.

Para execução das tarefas pretendidas nesta proposta de projeto a seguinte equipe deve ser composta:

- 1 aluno de iniciação científica;
- 2 alunos de trabalho final de graduação;
- 1 pesquisador coordenador;
- 2 pesquisadores participantes.

Cabe ressaltar que a execução de um projeto de pesquisa como este pode tomar novos rumos, o que não impede a inserção de novos membros na equipe, que venham a contribuir de forma significativa com a pesquisa científica pretendida.

6 Resultados esperados

O desenvolvimento deste projeto resultará, nos próximos doze meses, na formação de recursos humanos, investigação e desenvolvimento de modelos computacionais e algoritmos para solução de problemas de reconhecimento de padrões, cuja aplicabilidade se insere em diversas áreas do conhecimento. A formação de recursos humanos é imprescindível para uma universidade atuante, pronta a responder pelas demandas locais de tecnologia e, mais ainda, contribuindo no âmbito estadual e nacional.

Pretende-se a formação de uma equipe de pesquisadores capacitados, especificamente em modelos computacionais de aprendizado, que podem ser aplicados na solução de problemas inseridos em grandes áreas como Mineração de Dados e Reconhecimento de Padrões. Ainda no âmbito científico, espera-se a consolidação de uma equipe de pesquisa voltada para a área de computação aplicada ao tratamento e extração de conhecimento a partir de uma base de dados, além do desenvolvimento de novas linhas de pesquisa, com a capacitação de grupo de pesquisa em área científica e tecnológica de ponta, gerando uma massa crítica para desenvolvimentos futuros nesta área. Ressalta-se a demanda por algoritmos cada vez

melhores e mais robustos para lidar com a imensa massa de dados que se pode armazenar no mundo atual, acerca de qualquer área do conhecimento.

Ademais, a área pretendida para estudo, modelos de aprendizado profundo, contituem uma tecnologia alvo de grandes empresas como a Google, Microsoft e IBM, dentre outras. E o que se espera são grandes evoluções nos próximos anos na área, por se tratar de modelos cujo paradigma busca dotar o computador da habilidade de aprender através da observação de dados. Assim, fica clara a importância da formação de pesquisadores especialistas nesta área.

Em termos quantitativos, está prevista a produção científica com a publicação de artigos técnicos submetidos para congressos de impacto nas áreas relacionadas ao projeto proposto, além de revistas especializadas; submissão de pelo menos um artigo em periódico indexado ou em evento nacional/internacional; E ainda, a produção de 2 (dois) trabalhos finais de graduação e pelo menos 1 relatório de iniciação científica.

Destaca-se ainda a contribuição acerca da viabilidade de emprego dos algoritmos de aprendizado profundo a problemas de classificação em diversas áreas do conhecimento, em especial na exploração de dados abertos. Uma vez que o trabalho envolve conjuntos de dados de variados tipos, pretende-se disponibilizar um documento que auxilie no emprego e configuração dos algoritmos, exemplificando o desempenho dos modelos para diferentes conjuntos de dados.

As principais contribuições de um projeto nesta linha deverão ser, por um lado, a geração de base teórica que auxilie na busca pelo modelo adequado à solução de um problema, contendo a descrição dos parâmetros dos algoritmos, as classes de problemas que estes algoritmos solucionam, vantagens e desvantagens sob aspectos computacionais relevantes, e por outro lado, a implementação de métodos e criação de metodologias de teste que possibilitem a investigação do emprego da mesma teoria para diferentes aplicações.

A demanda por métodos de processamento e interpretação da informação, num mundo em que a tarefa de adquirir e armazenar dados é simples, é evidente. Neste contexto, este trabalho se propõe a prover insumos que auxiliem na escolha de uma técnica para classificação, considerando aplicações com dois grandes focos: extração de conhecimento e tomada de decisão. É indiscutível o emprego de técnicas que auxiliem na criação de algoritmos cada vez melhores, já que somente ter espaço de armazenamento quase que ilimitado e de baixo custo não soluciona os problemas do mundo real. Ademais, esta facilidade de armazenamento de dados acaba por gerar um conjunto de dados sem uso, com tamanha dimensão que inviabiliza análise de todas as características por meios tradicionais. Fornecer soluções de extração do relacionamento entre as variáveis contidas num banco de

dados é de extrema valia.

A solução através de ferramentas automáticas é viável, porém, auxiliar o especialista pode ser mais produtivo em determinadas aplicações. Gerar grupos de dados que o especialista possa analisar é fundamental quando uma aplicação demanda classes. Assim, prover um conjunto de algoritmos que realizam atividades preditivas e descritivas dá ao especialista o ferramental necessário à exploração dos dados. Proporcionar o estudo de uma área que se preocupa em solucionar problemas intuitivos, permite a criação de modelos de solução que levam o computador a aprender a partir de experiências passadas, compreendendo o mundo como uma hierarquia de conceitos: conceitos mais complexos definidos em termos dos conceitos mais simples e conhecidos.

Espera-se contribuir para o desenvolvimento através de novos investimentos em P&D com amplos benefícios para a sociedade em geral.

Referências

- [Bache and Lichman, 2013] Bache, K. and Lichman, M. (2013). UCI machine learning repository.
- [Deng et al., 2014] Deng, L., Yu, D., et al. (2014). Deep learning: methods and applications. *Foundations and Trends® in Signal Processing*, 7(3–4):197–387.
- [Duda et al., 2012] Duda, R., Hart, P., and Stork, D. (2012). *Pattern Classification*. Wiley.
- [Facelli et al., 2011] Facelli, K., Lorena, A. C., Gama, J., and Carvalho, A. C. P. L. F. (2011). *Inteligência Artificial: Uma abordagem de aprendizado de máquina*. LTC, Rio de Janeiro.
- [Goodfellow et al., 2016] Goodfellow, I., Bengio, Y., and Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>.
- [Haykin, 2001] Haykin, S. (2001). *Redes Neurais - Princípios e prática*. Bookman, Porto Alegre.
- [LeCun et al., 2015] LeCun, Y., Bengio, Y., and Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553):436–444.
- [Schmidhuber, 2014] Schmidhuber, J. (2014). Deep learning in neural networks: An overview. *CoRR*, abs/1404.7828.