



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL-AERONÁUTICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO



São José dos Campos, 4 de junho de 2018

Nome do Aluno: Lucas Orbolato Carvalho

FOLHA DE APROVAÇÃO

Relatório Final de Estágio Curricular aceito em 4 de junho de 2018 pelos abaixo assinados:

Lucas Orbolato Carvalho

Prof. Dr. Dimas Betioli Ribeiro - Orientador/Supervisor na Empresa/Instituição

Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto - Orientador/Supervisor no ITA

Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto - Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

INFORMAÇÕES GERAIS

Estagiário

Nome do Aluno : Lucas Orbolato Carvalho
Curso: Engenharia Civil-Aeronáutica

Empresa/Departamento

ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Orientador/Supervisor da Empresa

Prof. Dr. Dimas Betioli Ribeiro

Orientador/Supervisor do ITA

Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto

Período

19/02/2018 a 13/04/2018
Total de horas: 160 h

I. INTRODUÇÃO

Este relatório tem como finalidade uma breve descrição das atividades realizadas durante o Estágio Curricular Supervisionado realizado no Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) em pesquisa orientada à aplicação de técnicas de Aprendizado de Máquina (AM) para a classificação de solos a partir de dados do ensaio CPT. Os objetivos das atividades consistem em proporcionar uma experiência de pesquisa acadêmica em engenharia civil, gerar resultados que apoiem pesquisas em desenvolvimento nas áreas envolvidas, aplicar na prática conceitos aprendidos em sala de aula e entender como estes conceitos são construídos e consolidados pelo contato com a evolução do conhecimento científico.

II. A EMPRESA

II.1. Histórico

A origem do Instituto Tecnológico de Aeronáutica remonta a 1941, quando é fundado o Ministério da Aeronáutica a partir da união das aviações do Exército e da Marinha, no qual Casimiro Montenegro Filho, que viria a ser parte fundamental da fundação do instituto, ocupava a Subdiretoria Técnica da Aeronáutica. Em 1943, Casimiro viaja em missão aos Estados Unidos para a negociação comercial de aviões norte-americanos. É neste momento em que Casimiro conhece o *Massachusetts Institute of Technology – MIT* e tem a ideia de criar algo semelhante no Brasil, trazendo-a para o país e apresentando-a ao Estado Maior da Aeronáutica em 1945. Esta ideia veio a ser concretizada em 16 de janeiro de 1950, como parte de um plano maior de criação de um centro de pesquisas aeroespaciais chamado Centro Técnico Aeroespacial (CTA), hoje denominado Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), que contém o ITA. Isto trouxe como um de seus resultados a criação da Embraer em 1969, que hoje é a terceira maior fabricante mundial de aviões.

II.2. Área onde foi desenvolvido o programa de estágio

O estágio foi desenvolvido em diversos locais. No campus da UNIFESP próximo ao Parque Tecnológico de São José dos Campos, o estagiário participou de aulas teóricas e práticas de Aprendizado de Máquina. Nas instalações do Departamento de Engenharia Civil-Aeronáutica do ITA, foram implementadas aplicações práticas e feitas reuniões com o orientador para aprender sobre técnicas de redação de textos científicos, de busca e de estudo de produções científicas assim como sobre os assuntos envolvidos nas atividades do estágio. No entanto, a maior parte do trabalho foi realizada sem local fixo, consistindo em estudo de livros, artigos, vídeo-aulas e textos diversos e na aplicação dos conceitos e técnicas estudadas.

II.3. O Estágio no Contexto da Empresa

O ITA busca contribuir com a formação acadêmica e de pesquisa, tendo inclusive como objetivos formar engenheiros de concepção e ser uma instituição de excelência. Além disto, o DCTA, no qual se insere, é uma organização essencialmente orientada ao desenvolvimento científico e tecnológico. Portanto, o estágio realizado está em harmonia com os princípios institucionais do ITA e do DCTA, contribuindo para uma formação acadêmica e conceitual mais sólidas do engenheiro assim como para o fortalecimento da instituição, na medida em que possibilita o surgimento de novas contribuições nas áreas de pesquisa e estimula a busca pelo conhecimento e aperfeiçoamento científicos.

III. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Primeiramente, foi feito um estudo aprofundado sobre mecânica dos solos e sobre o ensaio CPT usando os livros de Lunne *et al.* (1997), Salgado (2007) e Schnaid e Odebrecht (2012). Este estudo gerou como resultados textos em formato científico a serem incluídos na dissertação de mestrado.

Foram estudadas técnicas de Aprendizado de Máquina pelas aulas realizadas na UNIFESP e também por meio de livros (Facelli *et al.*, 2011), artigos científicos e vídeo-aulas sobre o assunto. Os resultados deste estudo foram textos científicos a serem incluídos na dissertação de mestrado e códigos-fonte em linguagem R (R Project, 1993) que implementam cada uma das técnicas estudadas a problemas genéricos, permitindo que pudessem ser posteriormente adaptados à classificação de solos.

Com o conteúdo teórico adquirido nos estudos mencionados, foram realizadas revisões bibliográficas sobre a classificação de solos com dados de CPT e sobre a aplicação de técnicas estatísticas ou de Aprendizado de Máquina ao problema. A Tabela 1 traz as principais referências encontradas na literatura.

Tabela 1 - Principais referências

Autores	Ano	Método
Begemann	1965	Gráfico
Douglas e Olsen	1981	Gráfico
Robertson	1986	Gráfico
Robertson	1990	Gráfico
Jefferies e Davies	1991	Gráfico
Robertson	1991	Gráfico
Cal	1995	ANN
Zhang e Tumay	1999	<i>Fuzzy</i>
Kumar <i>et al.</i>	2000	<i>Fuzzy ANN</i>

Ramsey	2002	Gráfico
Hegazy e Mayne	2002	Clusterização Hierárquica
Facciorusso e Uzieli	2004	Clusterização Hierárquica
Bhattacharya e Solomatine	2006	Clusterização e Classificação Supervisionada
Kurup e Griffin	2007	GRNN
Liao e Mayne	2007	Clusterização Hierárquica
Schneider	2008	Gráfico
Tumay <i>et al.</i>	2008	<i>Software</i> de classificação de solos
Cetin e Ozan	2009	<i>Fuzzy</i>
Das e Basudhar	2009	SOM e Clusterização <i>Fuzzy</i>
Cai <i>et al.</i>	2011	Gráfico
Arel	2012	ANN
Schneider <i>et al.</i>	2012	Gráfico
Shahri <i>et al.</i>	2015	Gráfico
Robertson	2016	Gráfico
Depina <i>et al.</i>	2016	<i>Fuzzy</i>
Ganju <i>et al.</i>	2017	Gráfico
Rogiers <i>et al.</i>	2017	Clusterização Baseada em Modelo

Com base na revisão bibliográfica e nos estudos teóricos, puderam ser reconhecidas as lacunas da literatura e estabelecidos objetivos específicos ao trabalho de mestrado. A partir disto, foi possível estabelecer uma metodologia geral e reproduzível para a condução da pesquisa que permitisse chegar a resultados que trouxessem contribuições ao conhecimento científico e que também servisse como uma própria contribuição para a aplicação de qualquer tipo de técnica de AM ao problema.

Utilizando esta metodologia, foram inicialmente testadas duas técnicas de AM baseadas em distância, o KNN e o DWKNN com ponderação Gaussiana aplicados ao problema de classificação adotando as saídas de Robertson (1991) e de Robertson (2016). As técnicas conseguiram reproduzir os métodos de classificação de Robertson com acurácia de 94% a 96%. Utilizando-se uma comparação estatística pelo teste de Wilcoxon, o DWKNN Gaussiano foi a técnica que apresentou melhor desempenho.

Buscou-se em seguida uma ampliação da dimensionalidade do problema pela introdução de novos atributos de entrada. Foi introduzida primeiramente a profundidade e posteriormente a idade geológica. Com atributos brutos foi possível obter até 92% de acurácia com a profundidade, mostrando que este é um fator relevante para a classificação e que

permite evitar normalizações ou procedimentos que a tornam menos interpretável ou mais complexa. Com a introdução da idade geológica, obteve-se um aumento de acurácia de cerca de 2%, indicando que este atributo é também relevante e pode ser incluído para a identificação mais precisa dos tipos de solo. Além disto, outros resultados e avaliações mais aprofundadas deram origem a um artigo científico a ser submetido para uma revista com qualis A1, ainda a ser definida.

Por fim, árvores de decisão com o algoritmo C5.0 e florestas aleatórias foram também testadas com a inclusão de todos os atributos exceto a idade geológica. Os resultados para ambas as técnicas foram por volta de 97% de acurácia, mostrando-se ligeiramente melhores do que para as técnicas baseadas em distância.

IV. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

O estágio cumpriu o cronograma previamente estabelecido e permitiu o estabelecimento de uma base teórica e uma experiência prática sólidas para o desenvolvimento de pesquisas de relevância no meio científico.