

UNIVERSIDADE FEEVALE

PABLO GILVAN BORGES

APLICAÇÃO PRÁTICA DE TÉCNICAS DE DEEP LEARNING NA
DETECÇÃO DE RACHADURAS EM PAREDES DE ALVENARIA

Anteprojeto de Trabalho de Conclusão

Novo Hamburgo
2022

PABLO GILVAN BORGES

APLICAÇÃO PRÁTICA DE TÉCNICAS DE DEEP LEARNING NA
DETECÇÃO DE RACHADURAS EM PAREDES DE ALVENARIA

Anteprojeto de Trabalho de Conclusão de
Curso, apresentado como requisito parcial
à obtenção do grau de Bacharel em
Sistemas de Informação pela
Universidade Feevale.

Orientador: Profa. Dra. Marta Rosecler Bez

Novo Hamburgo
2022

RESUMO

A construção civil é um dos pilares que sustentam o avanço da sociedade. Composto tais avanços surgiram, no decorrer da história, produtos, técnicas e todo um conjunto de ferramentas com a finalidade de impulsionar nossa sociedade através da engenharia. Entre estes surgiu o conceito de SHM (Structural Health Monitoring), cujo principal objetivo é monitorar toda e qualquer mudança que uma estrutura possa apresentar, com a finalidade de verificar possíveis dados sobre a integridade desta estrutura. Os sistemas de SHM se apoiaram fortemente no uso de sensores e dispositivos de monitoramento específicos para este fim, o que tornava tais sistemas com um custo muito elevado. Decorrente das conquistas tecnológicas começou-se a pesquisar outras formas mais simples e baratas no monitoramento de estruturas, entre várias abordagens, o uso de captação de imagens de estruturas a fim de realizar análises de forma não intrusiva. Tais técnicas fazem uso de Visão Computacional, tendo como base algoritmos de Deep Learning para fazer esta tarefa. Este trabalho tem por finalidade aplicar tais técnicas e metodologias levantadas em pesquisas na área, a fim de desenvolver uma aplicação prática para detecção de rachaduras em paredes de alvenaria, fazendo o uso de imagens de tais estruturas.

Palavras-chave: *Deep Learning*; *Structural Health Monitoring*; *Computer Vision*; Detecção; Alvenaria.

SUMÁRIO

MOTIVAÇÃO	5
OBJETIVOS	8
METODOLOGIA	9
CRONOGRAMA	10
BIBLIOGRAFIA.....	12

MOTIVAÇÃO

A vida útil de qualquer construção está na sua manutenção periódica, visto que todo e qualquer material sofre mudanças com o tempo, seja dilatação, efeitos de trepidação, clima e outros fatores que acabam impactando na preservação de uma estrutura (BALAGEAS, FRITZEN, 2006). Somente no Brasil, tem-se vários casos de desabamentos, sejam estas obras públicas (GLOBO G1, 2021) ou privadas (GLOBO G1, 2022), caso de danos estruturais que acabam causando até mesmo a perda de vidas. Muitos desses casos são resultados de investimentos em materiais de baixa qualidade (Correio do Povo, 2010) ou mesmo por negligência com a manutenção da construção (Correio Braziliense, 2021). Sabe-se que muitas das obras públicas que acabam acometendo em desastres são frutos de negligência e falta de manutenção periódica, fato este não exclusivo do Brasil (Jovem Pan, 2020). Por mais que muitos municípios estejam aprovando leis municipais para vistorias, seja com a finalidade de assegurar qualidade na obra empreendida ou mesmo de manutenção preventiva de obras públicas (Correio do Estado, 2019), isto ainda não é uma realidade na esfera federal. Como apontado no documento do XIX COBREP (MATOS JR. *et al.*, 2017), somente um projeto de lei tramita no senado.

Com o intuito de fornecer um controle e análises não intrusivas em inspeções aeroespaciais, civis, e mecânicas, formou-se o conceito de SHM (*Structural Health Monitoring*). A SHM foca em manter uma análise constante de uma estrutura, seja através da captação de dados de sensores ou de outras ferramentas eletrônicas (KAYA; SAFAK, 2014). Até certo tempo, como apontado por Ozer e Feng (2022), os custos para se manter um sistema de SHM não eram de baixo investimento, dependia-se do uso de sensores sensíveis e pessoal especializado no uso de tais ferramentas. Graças aos avanços que surgiram na área da engenharia e da computação, hoje dispõe-se de vários tipos de dispositivos com a finalidade de auxiliar no monitoramento e manutenção de obras de engenharia. Mesmo *smartphones* já possuem muitos dos recursos que podem ser empregados em sistemas SHM (OZER; FENG, 2022). Este avanço tecnológico proporcionou levar a SHM para outro patamar, onde vem sendo adotado amplamente nas duas últimas décadas (YE *et al.*, 2019).

A pesquisa por uso de técnicas computacionais, especialmente as voltadas para o uso de inteligência artificial (IBM, 2022), como o caso de *Deep Learning* (GOODFELLOW *et*

al., 2016), tem procurado fornecer meios não intrusivos no emprego de análise de estruturas. Trabalhos como os apresentados por Wang *et al.* (2019) que emprega técnicas de *Deep Learning* em imagens capturadas por dispositivos móveis (ou mesmo câmeras estáticas) para observação e detecção de danos em construções históricas. Outros trabalhos sugerem um modelo de *Deep Learning* para detecção de danos em estruturas de concreto, como é o caso do modelo apresentado por Flah *et al.* (2020). Jr. *et al.* (2019) também apresenta um *overview* sobre conjuntos de técnicas de Visão Computacional (Intel, 2021) utilizando-se de imagens, ou mesmo vídeo, obtidas através de câmeras estáticas ou drones. YE *et al.* (2019) faz um compilado de vários trabalhos que visam o emprego de *Deep Learning* no processamento de imagens para controle e auxílio na manutenção de estruturas.

Visando a necessidade de um sistema não intrusivo e de custo relativamente baixo em relação ao controle periódico do estado de estruturas públicas, este trabalho tem como finalidade realizar uma aplicação prática, com base nos trabalhos encontrados. Aplicando uma das técnicas estudadas, comparando com os achados de diversos autores, tendo como fonte de dados o processamento de imagens obtidas por câmeras. Sendo assim, ser capaz de detectar rachaduras em paredes de alvenaria, possibilitando no futuro uma forma de observar a progressão de rachaduras.

OBJETIVOS

Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma aplicação que utilize-se de técnicas de *Deep Learning* para detecção de rachaduras em paredes de alvenaria através de captura de imagens.

Objetivos específicos

- Validar projetos de pesquisa que apresentaram modelos de algoritmos e técnicas que fazem uso de *deep learning*, para detecção de rachaduras através de captura de imagens.
- Verificar qual dos trabalhos apresenta os melhores resultados, comparando recursos utilizados e resultados obtidos.
- Analisar a melhor forma de fazer a captação de imagens, se via *streaming* de vídeo ou fotos.
- Desenvolver uma aplicação que faça uso dos itens estudados a fim de servir como modelo de uma aplicação real.
- Validar a aplicação desenvolvida.

METODOLOGIA

Este projeto foca no desenvolvimento de uma aplicação, como seu objetivo, o que torna este trabalho de natureza aplicada, com base na análise de trabalhos apresentados e na aplicação dos modelos de *Deep Learning* utilizados por tais trabalhos.

Por se tratar de um trabalho que busca escolher, dentre todos os materiais pesquisados, o que apresenta o melhor resultado para o objetivo final deste, o mesmo aplicará uma abordagem qualitativa em sua pesquisa. Será necessária a consulta de profissionais com conhecimento de domínio para auxiliar em definir quais técnicas apresentam um melhor resultado. O profissional requisitado será um engenheiro, visto que somente alguém técnico na área pode auxiliar no processo de avaliação dos resultados apontados pela aplicação, ou seja, validar se o que foi encontrado realmente se encaixa no perfil de uma rachadura ou é somente uma falha superficial na estrutura da parede. O projeto não tem como finalidade identificar se uma rachadura fornece perigo para a construção ou mesmo classificar uma rachadura como níveis de intensidade e/ou gravidade.

Os procedimentos técnicos para este trabalho serão bibliográficos e experimental. Bibliográficos pois este trabalho irá se basear em pesquisas já realizadas sobre o assunto pesquisado, sua fonte primária são artigos científicos, dos quais sairá a aplicação prática do mesmo. Dentre outros materiais consultados tem-se a vasta bibliografia relacionada a *Deep Learning*. Também será preciso realizar consulta em materiais de engenharia, a fim de auxiliar com a base teórica sobre estruturas de alvenaria e seus principais problemas e conceitos no emprego de SHM.

Experimental, pois o foco inicial é selecionar os modelos que obtiveram melhor resultados em relação a taxa de sucesso na detecção de rachaduras e avarias em estruturas – pois muitos dos trabalhos já pesquisados não tem um foco somente em paredes de alvenaria, mas em edificações de concreto. Serão então aplicados os modelos selecionados no problema específico, a detecção de rachaduras em paredes de alvenaria. O modelo que apresentar o melhor resultado será então selecionado como base para desenvolver a ferramenta aqui proposta. Como se trata da aplicação prática de trabalhos pesquisados, o projeto fará uso dos datasets de imagens apresentados em tais trabalhos. Também será analisado, por parte do

autor, qual a melhor forma de trabalhar o *input* de dados, se por *streaming* de vídeo, captura de imagens periódicas ou sequenciais.

CRONOGRAMA

Trabalho de Conclusão I

Etapa	Meses			
	Mar	Abr	Mai	Jun
Escrita do anteprojeto.				
Revisão do anteprojeto.				
Entrega do anteprojeto.				
Estudo teórico sobre Deep Learning				
Estudo teórico sobre HSM				
Analisar trabalhos correlatos				
Selecionar técnica a ser implementada				
Redação do TCC I				
Revisão do TCC I.				
Entrega do TCC I.				

Trabalho de Conclusão II

Etapa	Meses			
	Ago	Set	Out	Nov
Implementar a técnica selecionada				
Validar resultados parciais com especialista				
Avaliar a solução desenvolvida				
Redação do TCC II.				
Revisão do TCC II.				
Entrega do TCC II.				

BIBLIOGRAFIA

BALAGEAS, D.; FRITZEN, C.; GÜEMES, A.. **Structural Health Monitoring**. 1. ed. USA: ISTE, 2006. p. 13-39.

BALAGEAS, Daniel; FRITZEN, Claus-peter; GÜEMES, Alfredo. **Structural Health Monitoring**. 1. ed. USA: ISTE, 2006. p. 13-39.

CORREIO BRAZILIENSE. **Prédio que desabou nunca teve Habite-se em 25 anos de fundação**. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/cidades-df/2022/01/4976028-predio-que-desabou-nunca-teve-habite-se-em-25-anos-de-fundacao.html>. Acesso em: 17 mar. 2022.

CORREIO DO ESTADO. **Projeto de lei sobre vistorias em pontes é aprovado na Câmara**. Disponível em: <https://correiodoestado.com.br/politica/projeto-de-lei-sobre-vistorias-em-pontes-e-aprovado-na-camara/359986>. Acesso em: 17 mar. 2022.

CORREIO DO POVO. **Inquérito aponta material de baixa qualidade e reformas como causas para desabamento**. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/geral/inquerito-aponta-material-de-baixa-qualidade-e-reformas-como-causas-para-desabamento-1.16373>. Acesso em: 17 mar. 2022.

FLAH, M.; SULEIMAN, A. R.; NEHDI, M. L.. Classification and quantification of cracks in concrete structures using deep learning image-based techniques. **Cement and Concrete**, Canada, v. 114, n. 1, p. 1-19, ago./2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958946520302870?via%3Dihub>. Acesso em: 13 mar. 2022.

GLOBO G1. **Ponte desaba e quase 'engole' caminhões em Brusque**. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2021/06/09/ponte-desaba-e-quase-engole-caminhoes-em-brusque-video.ghtml>. Acesso em: 17 mar. 2022.

GLOBO G1. **VÍDEO mostra momento em que parte de prédio de 4 andares desaba no DF**. Disponível em: <https://g1.globo.com/df/distrito-federal/noticia/2022/01/06/video-mostra-momento-em-que-parte-de-predio-com-24-apartamentos-desaba-no-df.ghtml>. Acesso em: 17 mar. 2022.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A.. **Deep Learning**. 1. ed. London, England: MIT Press, 2016. p. 1-2.

IBM. **O que é inteligência artificial?**. Disponível em: ibm.com/br-pt/cloud/learn/what-is-artificial-intelligence. Acesso em: 3 abr. 2022.

INTEL. **Visão Computacional**. Disponível em: <https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/internet-of-things/computer-vision/overview.html>. Acesso em: 3 abr. 2022.

JOVEM PAN. **Falta de manutenção foi um dos motivos de queda de ponte na Itália, diz relatório.** Disponível em: <https://jovempan.com.br/noticias/mundo/falta-de-manutencao-foi-um-dos-motivos-de-queda-de-ponte-na-italia-diz-relatorio.html>. Acesso em: 17 mar. 2022.

JR, A. D. S. M. *et al.* INSPEÇÃO PREDIAL: DESCOMPASSO ENTRE LEGISLAÇÃO E PRÁTICA. **XIX COBREAP**, Fóz do Iguaçu, v. 1, n. 1, p. 1-28, ago./2017. Disponível em: <https://ibape-nacional.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2017/08/092.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

JR, B. F. S.; HOSKERE, V.; NARAZAKI, Y.. Advances in Computer Vision-Based Civil Infrastructure Inspection and Monitoring. **Engineering**, USA, v. 5, n. 2, p. 199-222, mar./2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809918308130?via%3Dihub>. Acesso em: 13 mar. 2022.

KAYA, Y.; SAFAK, E.. Real-time analysis and interpretation of continuous data from structural health monitoring (SHM) systems. **Bulletin of Earthquake Engineering**, London, v. 13, n. 1, p. 917-934, jun./2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10518-014-9642-9#article-info>. Acesso em: 13 mar. 2022.

OZER, E.; Q.FENG, M.. Structural Health Monitoring. **Start-Up Creation**, United States, v. 1, n. 2, p. 345-367, mai./2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128199466000138?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2022.

WANG, N. *et al.* Automatic damage detection of historic masonry buildings based on mobile deep learning. **Automation in Construction**, United States of America, v. 103, n. 1, p. 53-66, mar./2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580518307568?via%3Dihub>. Acesso em: 12 mar. 2022.

YE, X. W.; JINA, T.; YUNB, C. B.. A review on deep learning-based structural health monitoring of civil infrastructures. **Smart Structures and Systems**, China, v. 24, n. 5, p. 567-586, ago./2019. Disponível em: <https://doi.org/10.12989/sss.2019.24.5.567>. Acesso em: 13 mar. 2022.