

Método de segmentação de imagens digitais para identificação de trincas em pavimentos viários: um estudo comparativo

Felipe Augusto de Souza Kleine

Palestra on-line, apresentada ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIO, 23., REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 46., 2021, Brasília. [On-line]. 21 slides

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

23° ENACOR
Encontro Nacional de
Conservação Rodoviária



46ª RAPv
Reunião Anual de
Pavimentação

Método de Segmentação de Imagens Digitais para Identificação de Trincas em Pavimentos Viários: Um Estudo Comparativo

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

Felipe Augusto Frazão Kleine
Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)
Pesquisador





Sumário da apresentação

- ❖ Contexto e Motivação
- ❖ Objetivo
- ❖ Etapas da análise de defeitos
- ❖ Metodologia
 - ❖ Banco de Dados
 - ❖ Segregação: 4 métodos
 - ❖ Extração de Dados: Método Proposto
- ❖ Resultados e Comentários
- ❖ Conclusão e Continuidade
- ❖ Equipe (IPT)



Contexto

Malha rodoviária: 1,35 milhões km, 213 mil km pavimentados (CNT, 2019)

- **Inspeção presencial e manual**
 - Problemas: tempo, recursos, risco, falhas humanas, e atrapalha o tráfego (CNT, 2019)
- **Inspeção automática e semi-automática**
 - Ênfase em processamento e análise de imagens
 - Robôs, drones e veículo automotores
 - Evita interdição das vias

Contexto

- **Métodos clássicos de processamento de imagem**
 - Ainda são utilizados
 - Dependem de condições das vias e qualidade da imagem
- **Métodos baseados em *Machine Learning***
 - Destaque recente
 - Consistentes para análise em diferentes condições da imagem
(Gopalakrishnan, 2018)



Objetivo

**Comparar técnicas de visão computacional para a segmentação
de trincas em imagens de pavimentos viários**



Motivação

Equipe Multidisciplinar

- Pavimentos urbanos, rodoviários e aeroviários
- Desenvolvimento de sistemas e Inteligência Artificial (IA)
- Métodos de automatização e processamento de imagem

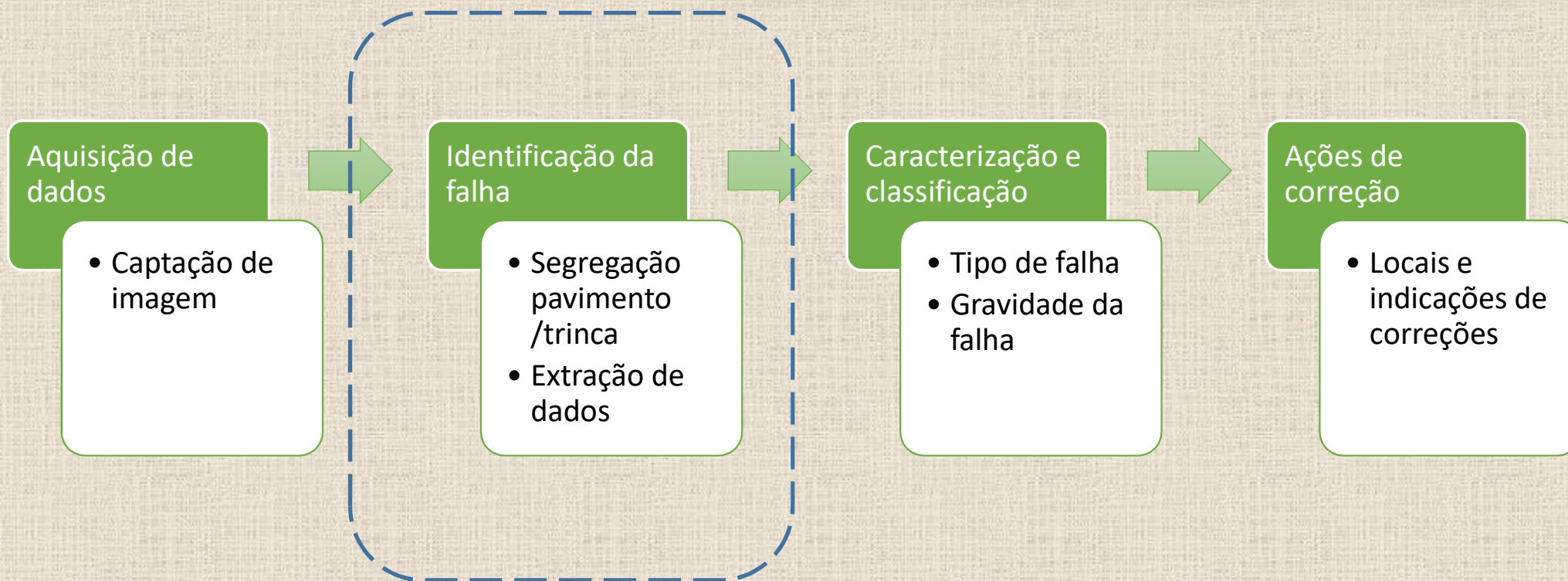
Motivação

- Experiência do IPT no tema
- Existência de trabalhos recentes com automatização e Inteligência Artificial
- Melhoria na metodologia de avaliação de pavimentos

Defeitos em Pavimentos



Etapas



Coleta de imagens

- **Manual**
- **Equipamentos em veículos**
 - VANT (veículo aéreo não tripulado)
 - Veículos adaptados para a inspeção
- **Bancos de dados públicos e privados**
 - Crack500
<https://github.com/fyangneil/pavement-crack-detection>



Metodologia

- **4 métodos de segmentação**
 - Método 1: Pré-processamento, Binarização Otsu, Fechamento
 - Método 2: Pré-processamento, Bottom-hat, Binarização Otsu, Fechamento
 - Método 3: Pré-processamento, K-Means
 - Método 4: Redimensionamento da Imagem, Rede U-Net
- **Comparação de Resultados com Ground Truth**
- **Proposta de método de Extração de Dados**

Pré-processamento

Pré-processamento geral

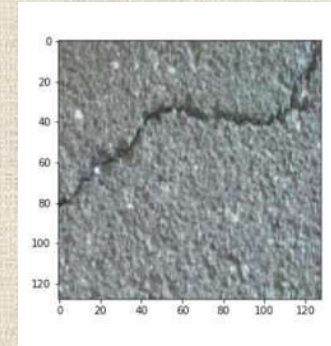
- Imagens reduzidas (128 x 128 pixels)

Para métodos 1, 2 e 3

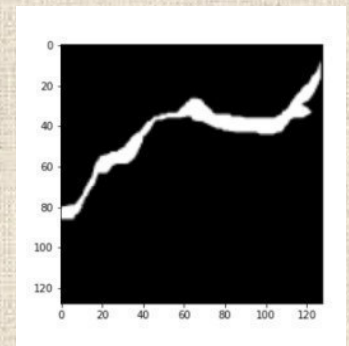
- Redução em escala de cinza
- Aumento de contraste
- Redução de ruído

Imagens Originais do Crack500

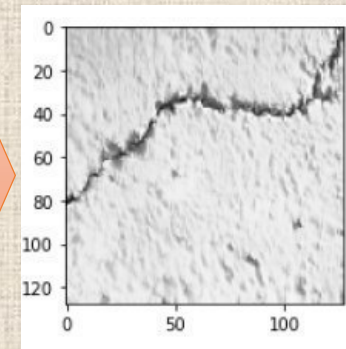
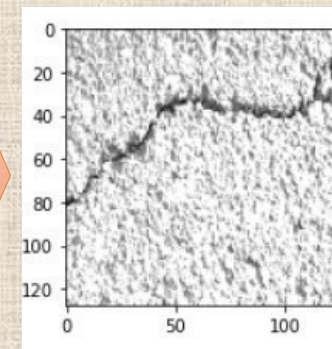
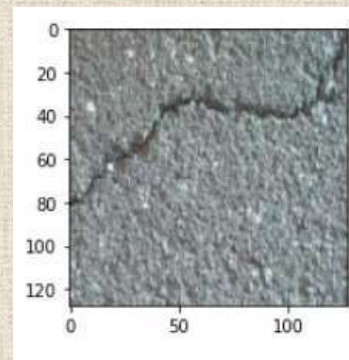
Original



Ground Truth



Pré-Processamento



Métodos

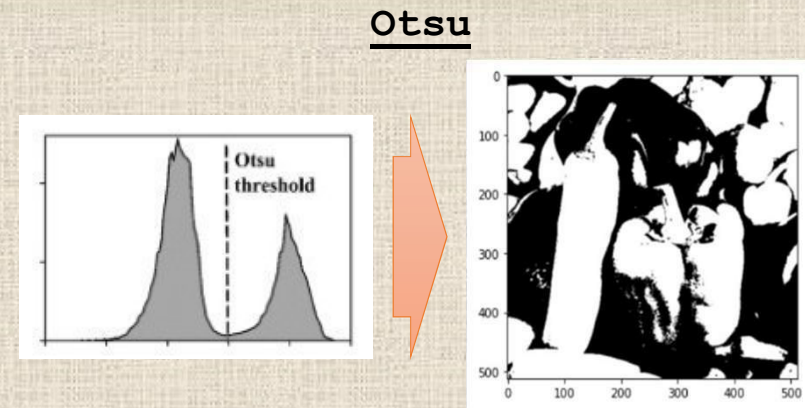
Método 1

- **Binarização**

- Limiar automático por algoritmo de Otsu
- Segregação binária: acima e abaixo do limiar

- **Fechamento**

- Preenchimento de vazios por elementos retangulares



Método 2

- **Bottom-hat:** operação matemática em valores da imagem

$$L_b = \max[(O \circ S_{\{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}}) \cdot S_{\{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}}, O] - O$$

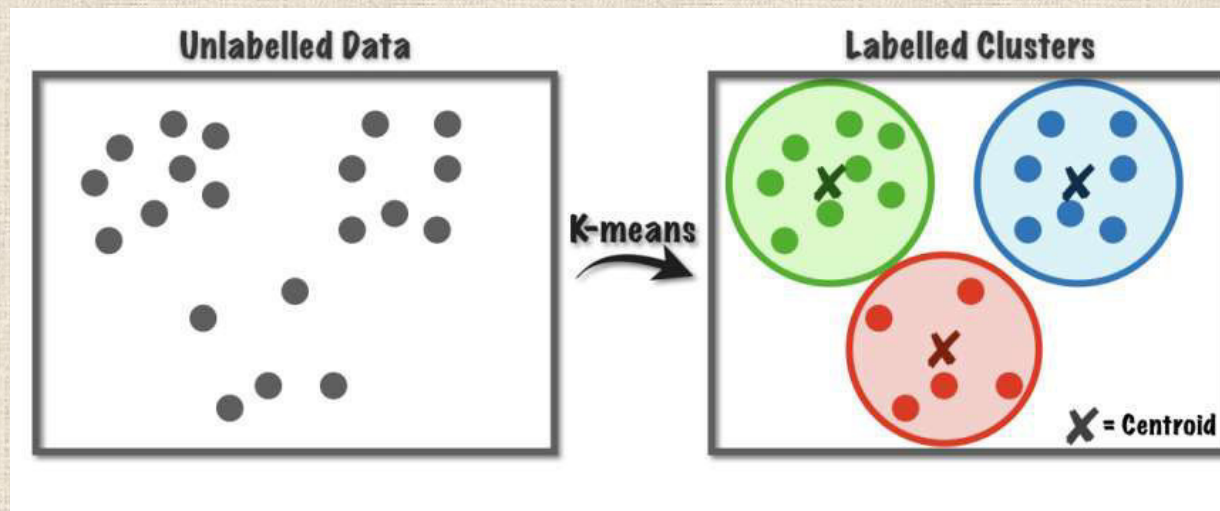


Métodos

Método 3

- **K-Means**

- Técnica não supervisionada para segmentação de grupos em uma base de dados (clusterização).

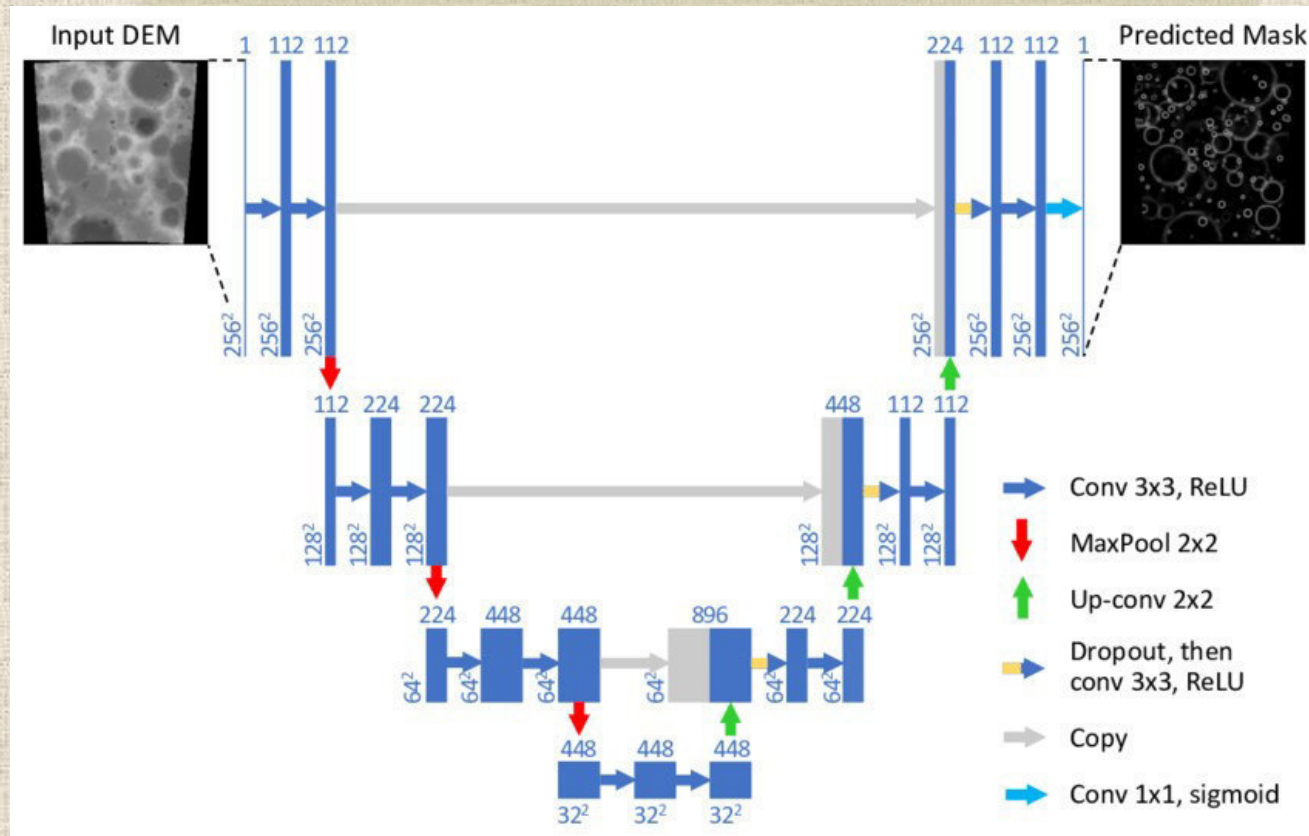


Método 4

Método 4

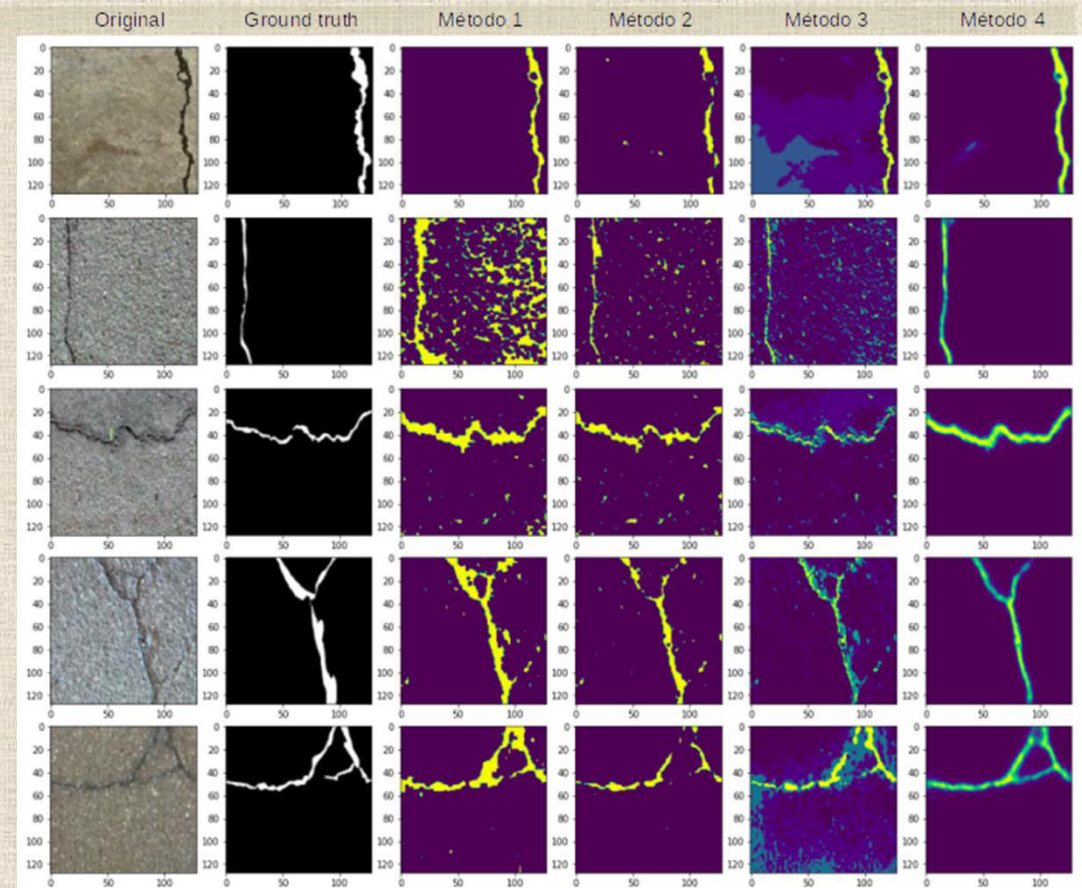
• U-Net

- Rede do tipo autoencoder
- Bastante utilizada na área médica
- Na última camada é aplicada função de ativação sigmoial
- Imagem final com valores entre 0 e 1 (mapa de probabilidades)



Resultados

- **Método 1:** pouco robusto (sombras e ruídos atrapalham a segmentação)
- **Método 2:** mais consistente entre os 3 primeiros
- **Método 3:** ruídos e tons de cinza próximos da trinca não separados
- **Método 4:** bastante eficiente na base estudada, o mais consistente dos 4



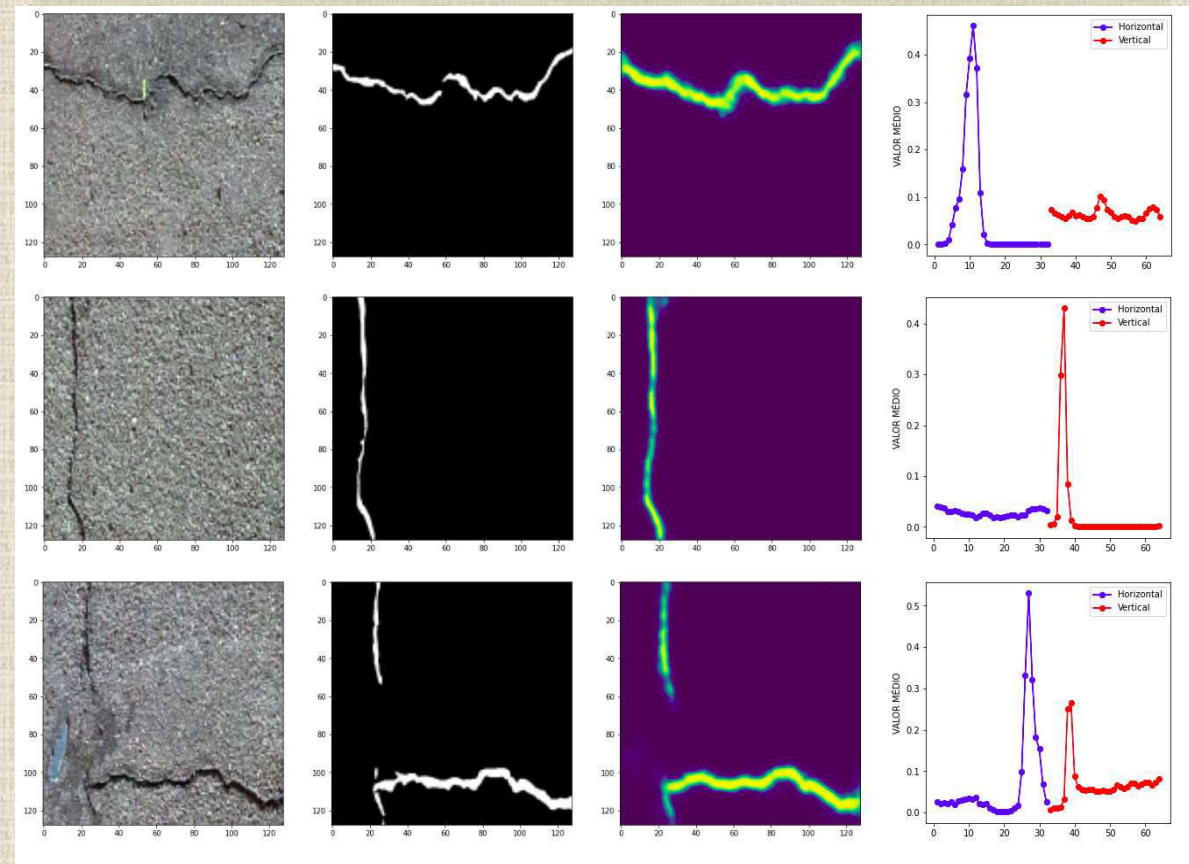
Extração de dados

- **Integrais de Projeção (PI)**
 - Divisão em n faixas horizontais
 - Soma dos pixels de trinca

$$HP(y) = \sum_{i \in x_y} I(i, y)$$

- Divisão em n faixa verticais
- Soma dos pixels de trinca

$$VP(x) = \sum_{j \in y_x} I(x, j)$$



Classificação

Métodos de Classificação Possíveis

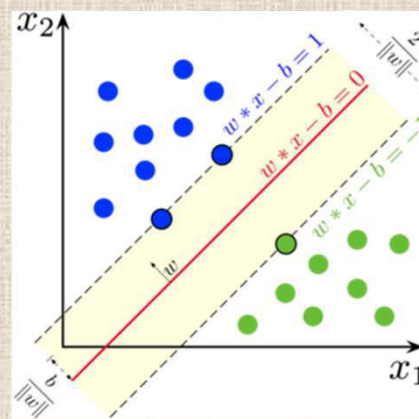
- **Técnicas de Machine Learning**

- Naïve Bayes
- Support Vector Machine (SVM)
- Random Forest

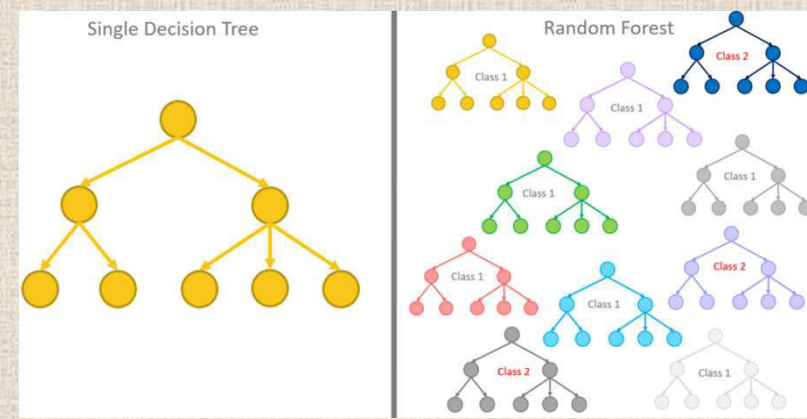
Naïve Bayes

$$P(A_i | B_1, B_2, \dots, B_n) = \frac{p(B_1 | A_i) p(B_2 | A_i) \dots p(B_n | A_i) P(A_i)}{P(B_1, B_2, \dots, B_n)}$$

SVM



Random Forest



CONCLUSÕES

- O Método 4 foi o que apresentou resultados mais consistentes para a base de dados utilizada
- Mesmo sendo eficiente na identificação de trincas, a utilização de redes neurais tem como grande dificuldade a necessidade criação de um banco de imagens grande e bem balanceado (técnica supervisionada)
- O Método 2, que utiliza apenas técnicas clássicas de processamento de imagens digitais, apresentou resultados interessantes e pode ser melhor investigado e aprimorado para o problema estudado.
- Embora não tenha sido muito explorada neste trabalho, a extração de dados proposta pode ser alternativa viável em uma futura classificação das trincas.

CONTINUIDADE

- **Metodologia adaptável para outros trabalhos**
 - Diferentes pavimentos e diferentes tipos de falha
 - Dormentes ferroviários
- **Aquisição de dados**
 - Alternativas de veículos e equipamentos
 - Eventual complementação com outros tipos de dados (laser, ultrassom)
- **Extração de dados para classificação**
 - Alternativas ao método proposto
- **Classificação**
 - Implementação de algoritmos de classificação

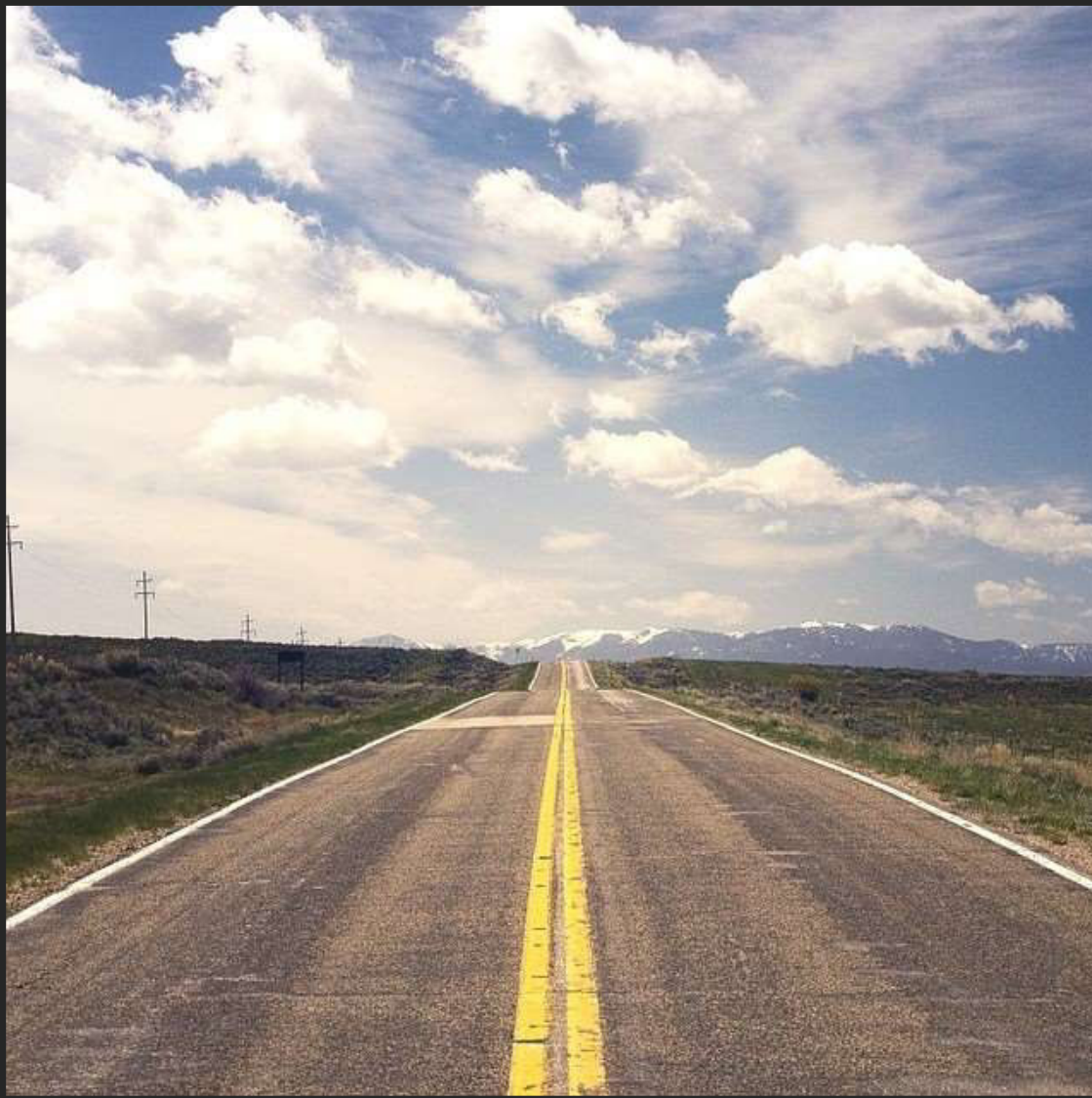


EQUIPE (IPT)

- Gabriel Borelli Martins
- Felipe Augusto Frazão Kleine
- Ely Bernardi
- Rubens Vieira
- Aline Ribeiro Machado
- Renato Curto Rodrigues
- Elaine Maria Soares

Apoio

- Prof. Dr. Flávio Soares Corrêa da Silva (IME - USP)
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT



23° ENACOR
Encontro Nacional de
Conservação Rodoviária



46ª RAPv
Reunião Anual de
Pavimentação

Muito obrigado(a)

Felipe Augusto Frazão Kleine

fkleine@ipt.br

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS