



ANÁLISE DA IRREGULARIDADE LONGITUDINAL USANDO O APLICATIVO SMARTIRI EM PONTOS DE OCORRÊNCIA DE SINISTROS GRAVES NA BR-101 EM PERNAMBUCO

Maria Eduarda Esteves Neves

Reuber Arrais Freire

Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

Este trabalho traz uma verificação do impacto da condição do pavimento na segurança viária comparando o IRI aos pontos de ocorrência de sinistros viários graves através de duas análises, uma utilizando gráfico linear e a outra gráfico de barras com média e desvio padrão do IRI em um intervalo determinado. A coleta de dados de IRI foi feita através de uma nova tecnologia, o aplicativo SmartIRI, que utilizou, além do *smartphone*, somente um suporte para acoplar o celular ao para-brisa e um carro no levantamento. O método proposto foi testado em um segmento de 20 km na BR-101 em Pernambuco. Constatou-se uma dificuldade para correlacionar valores de IRI com a quantidade de sinistros viários graves nos trechos percorridos em ambas as análises. Apesar disso, o presente estudo mostra a relevância destes tópicos, além de apresentar com uma forma prática de medição do IRI.

ABSTRACT

This paper provides a verification of the pavement condition impact on road safety comparing the IRI to the points of occurrence of serious road crashes through two analyses, one using linear graph and the other bar charts containing the average of the IRI values and its standard deviations in a predefined distance. The IRI data was collected through a new technology, SmartIRI application, that required in addition to the mobile phone only a mobile support, to attach the smartphone to the windshield, and an automotive vehicle to drive along the road. The method was tested in a 20 km segment in BR-101 in Pernambuco. It was found difficult to correlate the IRI values with the number of severe road crashes on the segment in both analyses. Despite this, the study shows the relevance of these topics, in addition to successfully presenting a practical way for measuring the IRI.

1. INTRODUÇÃO

O modal rodoviário brasileiro é de grande importância para o país, principalmente no quesito de transporte de cargas, sendo o responsável, no ano de 2021, por 65% de toda a movimentação nacional (CNT e SEST SENAT, 2021). Tendo em vista a malha rodoviária federal, pode-se destacar a BR-101 como uma das mais importantes rodovias brasileiras, caracterizando-se por ser uma translitorânea de grande extensão, 4.542 km (Lima e Vilar, 2021). Levando em consideração o estado de Pernambuco, principalmente a cidade do Recife, a BR-101 é uma rodovia fundamental para toda a região, sendo uma produtora de mobilidade. Sendo assim, é relevante levantar dados da condição superficial de seu pavimento, a fim de obter informações quanto à sua segurança e trafegabilidade.

Existem diversos fatores que influenciam a qualidade da infraestrutura viária e segundo Paterson (1986), um método importante que pode ser utilizado para analisar as condições de uma rodovia é a avaliação da irregularidade longitudinal. Com o avanço da tecnologia, alguns estudos vêm sendo realizados com o objetivo de facilitar a coleta do IRI (*International Roughness Index* – IRI), índice capaz de mensurar a irregularidade longitudinal. Tem-se como exemplo Almeida (2018) que desenvolveu o aplicativo para *smartphone* chamado SmartIRI, capaz de coletar este dado utilizando apenas um aparelho celular, um carro e um suporte telefônico.



Com relação à segurança viária, sinistros rodoviários ocorrem todo o ano no Brasil, culminando em muitas de fatalidades. De acordo com a pesquisa da CNT (2020), a BR-101 é uma das mais perigosas rodovias federais, ocupando o segundo lugar quando analisa-se qual a rodovia onde ocorrem um maior número de fatalidades no país. Diante disso, a Polícia Rodoviária Federal (PRF) realizou em 2021 a Operação Vita, durante a qual foram mapeados os pontos críticos de ocorrência de sinistros, no período de um ano (outubro de 2020 até setembro de 2021), e os fatores que poderiam contribuir para sua incidência (PRF, 2021b).

Por meio desta operação foram definidos os 10 pontos mais perigosos, das rodovias federais em Pernambuco, levando em consideração incidência de sinistros graves, que acarretaram ou em vítima gravemente ferida ou em morte. Dentre estes pontos, sete estão localizados na BR-101 e três na BR-232. Perante o exposto, o trabalho justifica-se por verificar a possibilidade de um parâmetro de avaliação funcional do pavimento, medido por meio do IRI, ser capaz de explicar a ocorrência de sinistros. Para esta finalidade, foram coletados valores de IRI em um trecho de 20 km da BR-101, incluindo o trecho mais perigoso (km 45 ao km 50) com o uso de um aplicativo para smartphone, denominado SmartIRI desenvolvido por Almeida (2018).

De acordo com o contexto exposto, o objetivo deste trabalho é investigar o impacto das condições superficiais do pavimento rodoviário na segurança viária, medido por meio de avaliações funcionais de irregularidade longitudinal. Ademais, o presente trabalho tem a finalidade de analisar a variação da irregularidade longitudinal ao longo da rodovia; avaliar a aplicabilidade do aplicativo SmartIRI para o levantamento da irregularidade longitudinal da BR-101 em Pernambuco; e investigar as razões dos sinistros viários.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Segurança Rodoviária

Segundo o Manual de Medidas e Segurança Viária (Elvik *et al.*, 2015), a segurança está relacionada à confiança dos seres humanos e como eles se sentem ao experimentarem determinados riscos de sinistros no trânsito. A segurança da rodovia, que tem como principal objetivo evitar eventuais sinistros, depende de diversos componentes que vão além do bom desempenho do motorista na condução, como definido na Pesquisa CNT de rodovias 2021 (CNT e SEST SENAT, 2021).

Os fatores que integram a segurança do sistema rodoviário são definidos como componentes, sendo eles o componente viário, componente humano, componente veicular, componente ambiental e componente socioeconômico, Figura 1 (CNT e SEST SENAT, 2021).

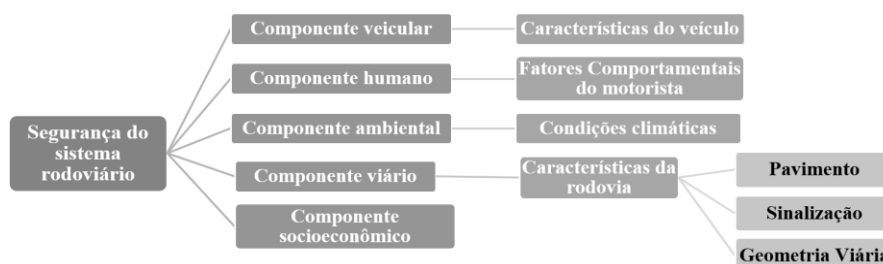


Figura 1: Componentes que afetam a segurança do sistema viário (Adaptado de CNT e SEST SENAT, 2021)

Devido ao fato de todas as características mencionadas anteriormente estarem relacionadas com a segurança viária, elas irão influenciar diretamente a ocorrência de sinistros. Segundo a PRF, componentes viários foram a segunda maior causa de sinistros no ano de 2021, correspondendo a aproximadamente 10%, atrás apenas do componente humano. Desta forma, o pavimento, um dos importantes componentes viários em análise, deve ser composto de um conjunto de camadas a fim de minimizar os esforços produzidos pelo tráfego, proporcionando um maior conforto e segurança ao motorista (Bernucci *et al.*, 2007).

2.2. Irregularidade Longitudinal

O Manual de Gerência de Pavimentos do DNIT (2011) caracteriza a irregularidade longitudinal como o somatório dos desvios da superfície de um pavimento, com relação ao plano de referência ideal do projeto geométrico. O desvio, descrito anteriormente, afeta a dinâmica dos veículos, o efeito dinâmico das cargas e a qualidade do rolamento superficial da via. Barella (2008) propõe uma outra definição para o termo descrito anteriormente. A irregularidade longitudinal é então classificada como o “conjunto de desvios indesejáveis de sua superfície, que atrapalham o rolamento rápido e suave dos veículos, gera insegurança e onera seus usuários, além de acelerar a degradação do pavimento”.

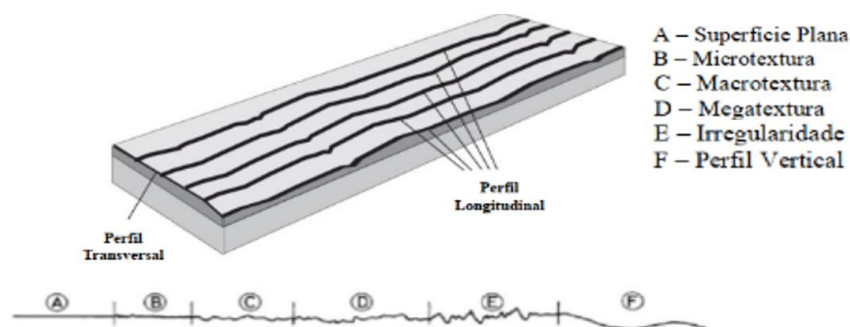


Figura 2: Ilustração dos perfis longitudinais e transversais de uma rodovia com diferentes níveis de Irregularidade Longitudinal (Almeida, 2018)

Existem fatores que podem influenciar na irregularidade longitudinal, por exemplo, a ausência manutenção da pista, problemas construtivos, defeitos de superfície, desgastes e até mesmo o clima. DNIT (2011) cita que a irregularidade longitudinal deve ser entendida como um parâmetro que retrata as condições de determinada rodovia, e não apenas como um defeito, sendo de maior destaque ao considerar-se a avaliação funcional do pavimento.

O IRI não foi o primeiro método estabelecido para analisar a funcionalidade do pavimento, antes dele era utilizado a serventia, através do Valor da Serventia Atual (VSA) (DNIT, 2011). Este método gera uma atribuição numérica ao pavimento, em escala de 0 a 5, no qual 5 representa uma condição perfeita, sem defeitos, o que não existe de fato na prática (Bernucci *et al.*, 2007). O VSA é definido por meio da nota atribuída por alguns avaliadores de maneira subjetiva em função da qualidade do pavimento. Em seguida, é feita uma média dos valores atribuídos por cada um deles (DNIT, 2011).

O IRI é uma medida da irregularidade longitudinal do pavimento (DNIT, 2011). Este índice, estático, vai quantificar os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto,



fornecendo valores em m/km. Sousa (2021) define esse índice da seguinte forma: “quantifica o somatório dos desvios verticais em relação ao comprimento do pavimento avaliado”. Este índice vai resumir as características do pavimento em resposta ao impacto ou ao deslocamento vertical, sendo o mais apropriado quando se deseja relacionar o custo do veículo com a qualidade do rolamento, carga dinâmica e estado da superfície (Almeida, 2018).

Na análise econômica de uma rodovia na gerência de pavimentos existe o sistema HDM-4 (*Highway Development and Management*), indicado pelo DNIT a ser utilizado pelos órgãos rodoviários brasileiros. Este sistema define valores limites da irregularidade longitudinal a fim de classificar as rodovias tronco com base na qualidade de IRI. Pode-se observar na Tabela 1 os valores de IRI relacionados com a qualidade da rodovia.

Tabela 1: Qualidade da rodovia para diferentes faixas de IRI (DNIT, 2011)

Qualidade da rodovia tronco	IRI
Boa	$IRI \leq 2$
Adequada	$2 < IRI \leq 4$
Aceitável	$4 < IRI \leq 6$
Má	$6 \leq IRI$

2.2.1 Levantamento de Irregularidade Longitudinal

A irregularidade longitudinal é medida ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da estrada, coincidindo, no geral, com as trilhas das rodas, segundo Bernucci *et al.* (2007). Os autores estabelecem que a irregularidade longitudinal pode ser realizada com medidas topográficas, ou por meio de equipamentos medidores do perfil longitudinal, podendo ser com ou sem contato.

Para classificar os equipamentos usados para medir a irregularidade longitudinal Sayers *et. al* (1982) separaram os instrumentos com base no tipo de avaliação que eles estabelecem, sendo essa avaliação direta (Classe I e II) e indireta (Classe III). Abaixo estão apresentadas as diferentes classes e suas características de acordo com Sayers *et al.* (1986), assim como exemplo de equipamentos para cada uma delas (Bernucci et al., 2007):

- Classe I – Perfis precisos: nesta classe estão presentes os equipamentos que apresentam uma maior precisão ao medir a irregularidade longitudinal. Os equipamentos que se encontram nessa classe devem ser precisos a ponto de poder gerar, no mínimo, quatro medições a cada metro, ou seja, a distância entre as medições não pode ser maior que 250 mm. Exemplos: nível de mira, perfilômetro do TRL (*Transport Research Laboratory*) e *Dipstick*;
- Classe II: Outros métodos de perfilômetros: nesta classe estão presentes os demais equipamentos que utilizam métodos computacionais para medir a irregularidade longitudinal, assim como os da Classe I. Entretanto, se diferem dos que compõem a primeira classe devido a sua menor precisão. Exemplos: sensores a laser, perfilógrafos e analisador de perfil longitudinal (APL - *analyseur de profil en long*);
- Classe III: Obtenção por meio de equações correlacionadas: os equipamentos que a compõem geram um resultado de irregularidade da pavimentação que pode ser correlacionado com a irregularidade longitudinal por meio do IRI usando alguma equação de regressão. Para que seja possível estimar a irregularidade longitudinal é feita



uma calibração do dado a ser obtido com os valores naquele mesmo local obtidos com equipamentos de Classe I ou Classe II. Exemplos: *Maysmeter*, *Merlin*, *TRL Bump integrador* e levantamentos por *smartphone*;

- Classe IV – Classificação subjetiva e medidas não calibradas: Nesta classe estão contempladas as formas de medições que não apresentam correlação direta com um IRI de boa precisão. A única solução neste caso é comparar os valores obtidos com valores de referência. Devido à falta de dados, pode-se realizar uma avaliação subjetiva, como é o caso do VSA.



Figura 3: Equipamentos utilizados para medir a irregularidade longitudinal (Almeida, 2018)

O SmartIRI é um aplicativo para celular desenvolvido por Almeida (2018) cujo objetivo é calcular o IRI por meio de *smartphones* a fim de se obter a irregularidade longitudinal de pavimentos flexíveis. O aplicativo utiliza sensores que existem no celular para o fornecimento de dados referentes à aceleração vertical e velocidade (acelerômetro) e localização do veículo (GPS), permitindo que o IRI seja calculado.

A fim de validar o aplicativo, Almeida (2018) comparou os dados de IRI obtidos com o SmartIRI com os valores apresentados pelo método de Nível e Mira, com o Valor de Serventia Atual (VSA), obtido de maneira subjetiva, e com outro aplicativo, Roadlab. No trabalho em questão, Almeida (2018) validou o aplicativo como alternativa viável para a verificação da irregularidade longitudinal de um pavimento, devido a correlação satisfatória entre os dados comparados, apresentando um R^2 de aproximadamente 0,76.

3. METODOLOGIA

3.1 Escolha dos trechos de coleta do IRI

Para a escolha destes trechos, o trabalho baseou-se nos dados fornecidos pela Operação Vita e,



dentre as duas rodovias no estado de Pernambuco classificadas como as mais perigosas, foi escolhida a BR-101 pelo fato de conter 7 entre os 10 trechos com maior incidência de sinistros graves. Ademais, preferiu-se escolher um segmento rodoviário que englobasse o trecho mais perigoso, km 45 ao km 50, e em seguida foram escolhidos trechos subsequentes completandose 20 km.

Os trechos escolhidos estão divididos em dois tipos com relação a situação física, rodovias duplicadas e triplicadas (DER/PE, 2021). A coleta de dados de IRI foi feita na faixa da direita e da esquerda, em ambos os sentidos, a fim de manter um padrão em toda a extensão rodoviária em análise. A Tabela 2 apresenta os trechos escolhidos para o presente trabalho, assim como a sua classificação quanto à gravidade, quantidade de sinistros, sinistros graves e fatalidades.

Tabela 2: Trechos escolhidos para o levantamento de dados de IRI (Adaptado da PRF, 2020, 2021a).

Rodovia	Classificação quanto à gravidade da rodovia	Trecho	Quantidade de Sinistros	Quantidade de Sinistros Graves	Quantidade de Mortes
BR-101	1º Lugar	Km 45 ao Km 50	90	30	3
BR-101	4º Lugar	Km 50 ao Km 55	62	19	2
BR-101	5º Lugar	Km 40 ao Km 45	85	19	1
BR-101	-	Km 35 ao Km 40	19	8	2

3.1.1 Descrição do Percurso

Os trechos escolhidos têm início no município de Itapissuma, onde está localizado o quilômetro 35, passando pelos municípios de Igarassu, Abreu e Lima e por último Paulista, finalizando o trajeto no quilômetro 55 (Figura 4).



Figura 4: Localização da região em estudo



Estes trechos, estão majoritariamente presentes em uma região urbana que conta com um grande fluxo de veículos e com diversas construções que atraem diariamente a população. Tem-se como exemplo o trecho compreendido entre os quilômetros 41,4 e 51,6 (Igarassu e Paulista), onde pode-se citar alguns imóveis encontrados ao longo do traçado: Mercado; Atacadão; Terminal Integrado de Igarassu; Igreja; Fábrica; Praça de Cruz de Rebouças.

Em setembro de 2016, antes da reabilitação estrutural realizada neste trecho em 2017, o fluxo diário era cerca de 64 mil veículos (DNIT 2016). Devido à grande quantidade de automóveis e pessoas que passam diariamente por este trajeto, existem algumas interferências ao longo da rodovia, como radar de velocidade, semáforo, lombadas e veículo de transporte público alternativo parando ao longo do percurso para buscar passageiros, que tem como objetivo reduzir a velocidade dos veículos que circulam.

3.2 Coleta e processamento de dados

A primeira etapa foi a definição dos equipamentos, seguindo as instruções de Almeida (2018). Para o estudo foi utilizado um *smartphone* Samsung Galaxy A8, com bom funcionamento do GPS e acelerômetro, o suporte para celular *Long Neck One – Touch Car Mount*, que, apesar de não ser o indicado por Almeida (2018), apresentou características similares. E, por fim, o Corolla Cross 2022, carro utilizado para a coleta.

A calibração do aplicativo é essencial para que a coleta ocorra da melhor forma possível. Para isto, o *smartphone* deve ser acoplado no para-brisa do carro de forma correta, respeitando a inclinação e aceleração da gravidade. A validação da posição é feita pelo SmartIRI.

A coleta de dados de IRI foi feita, pelo aplicativo, em intervalos de 100 em 100 metros, ou seja, a cada 100 metros, aproximadamente, foi obtido um valor de IRI. A coleta de dados se inicia pelo aplicativo depois que o veículo atinge o local desejado e a velocidade recomendada (que deve variar entre 60 km/h e 100 km/h). Velocidades fora do intervalo mencionado não apresentam resultados confiáveis. O levantamento foi realizado duas vezes em cada um dos sentidos, norte e sul, na seguinte ordem:

1. Sentido Norte (km 55 – km 35): Faixa da Esquerda;
2. Sentido Sul (km 35 – km 55): Faixa da Esquerda;
3. Sentido Norte (km 55 – km 35): Faixa da Direita;
4. Sentido Sul (km 35 – km 55): Faixa da Esquerda.

O processamento de dados foi realizado através do download dos dados de IRI fornecidos pelo SmartIRI tanto em formato .csv como .kml. As informações contidas no arquivo, que são de suma importância para o trabalho, são: a hora da medição, a velocidade média, as coordenadas, a distância percorrida, classificação do trecho e valor médio do IRI. De posse desses dados foi possível investigar a existência de correlação entre o IRI e os sinistros viários existentes nos trechos de interesse. Inicialmente, foi realizada uma análise entre o IRI e o número de sinistros graves a cada 100 metros. Depois de organizados estes dados, com relação a distância estabelecida, foi feita uma triagem, onde os valores que não apresentavam confiabilidade foram descartados.



3.3 Correlação entre os valores de IRI com os sinistros viários graves

Para que fosse possível realizar a correlação entre os valores de IRI e a quantidade de sinistros graves existentes foi feito um ajuste nos valores de IRI obtidos. Esta correção foi necessária pelo fato do SmartIRI fornecer os valores em distâncias aproximadas de 100 metros, sendo assim, alguns trechos têm mais que 100 e outros menos. Em contrapartida, os dados fornecidos pela PRF, contendo a quantidade de sinistros viários graves por rodovia, está em um intervalo de 100 metros precisamente. Por este motivo, foi feito um ajuste nos valores de IRI da seguinte forma:

1. Obtenção da distância cumulativa, partindo do ponto inicial (35 km para o sentido sul, ou 55 km para o sentido norte), até o ponto final (55 km para o sentido sul, ou 35 km para o sentido norte). A distância final (20 quilômetros) foi obtida através da soma de cara um dos trechos obtidos com o SmartIRI.
2. A partir da distância cumulativa, os valores de IRI foram selecionados nos respectivos pontos de interesse, ou seja, a cada 100 metros, respeitando o padrão definido pela PRF.

Depois de realizado este procedimento foi feito um filtro nos valores de IRI obtidos a fim de descartar os valores não confiáveis, a exemplo das velocidades fora do intervalo desejado. Por fim, foi feita a correlação entre o valor de IRI e a quantidade de sinistros viários graves existentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Variação dos sinistros viários graves ao longo do percurso levantado

Apesar dos dados fornecidos pela PRF não identificarem se os sinistros ocorreram no sentido norte ou sul da rodovia, são fornecidos valores de latitude e longitude. A partir desses dados foi gerado um vetor de pontos georreferenciado e, em seguida, identificado qual sentido da rodovia ocorreu cada sinistro. Devido ao fato da PRF apresentar a quantidade de sinistros em intervalos de 100 metros, os resultados de IRI apresentados nos próximos tópicos seguiram o mesmo padrão.

A Figura 5 apresenta a variação de sinistros ao longo do trajeto. É importante ressaltar que estes dados são referentes à Operação Vita, sendo assim, seus valores são do período de outubro de 2020 a setembro de 2021. É possível observar que o trecho entre os quilômetros 35 e 40, que não faz parte dos dez mais perigosos do estado, apresenta uma quantidade de sinistros graves inferior quando comparado aos demais. Por outro lado, os quilômetros 46 e 49, pertencentes ao trecho mais perigosos, apresentaram maior ocorrência de sinistros graves.

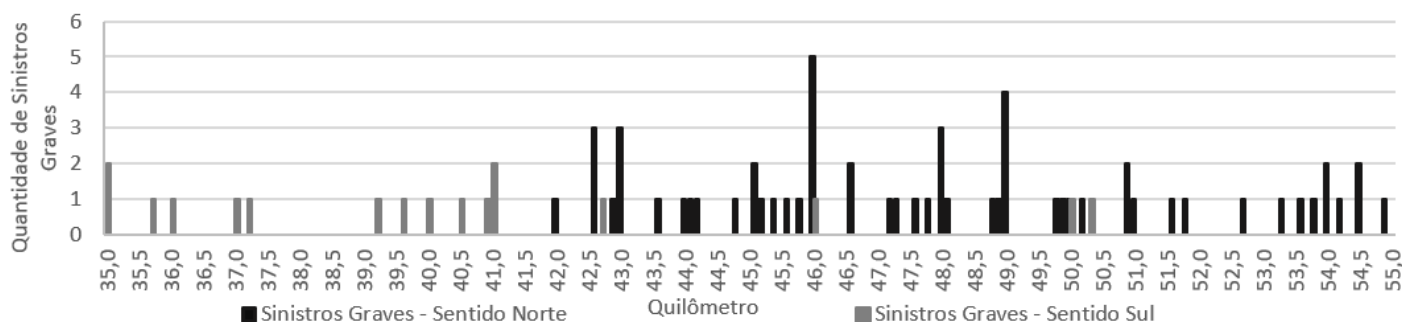


Figura 5: Estatísticas de sinistros graves ao longo do trajeto



4.2 Resultado e análise do IRI levantado

Neste tópico são apresentados os resultados do IRI após o tratamento dos dados, retirando os trechos que comprometeriam o resultado. Desta forma, a Figura 6 e Figura 7 apresentam a variação do IRI ao longo do trecho em análise no sentido sul e norte, respectivamente.

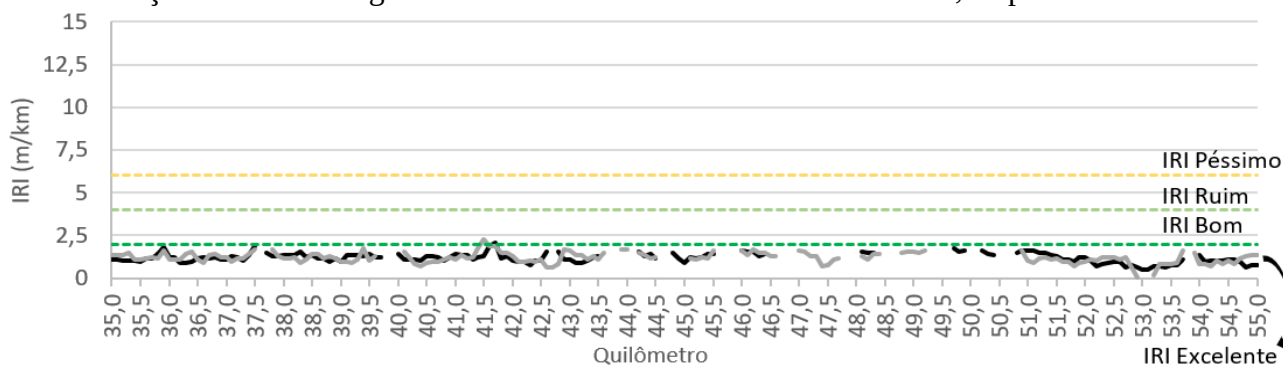


Figura 6: Resultado dos IRI (m/km) obtidos no sentido sul para as duas faixas de tráfego

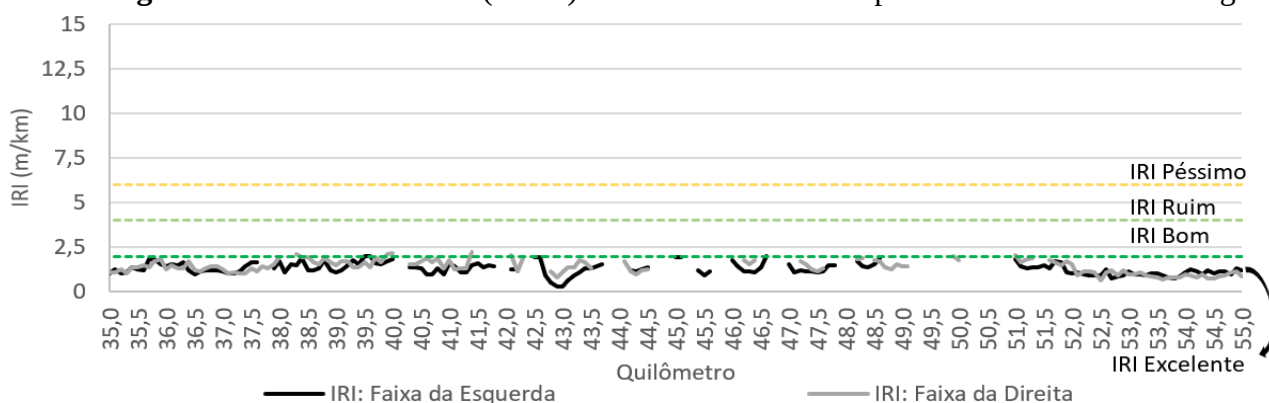


Figura 7: Resultado dos IRI (m/km) obtidos no sentido norte para as duas faixas de tráfego

Pode-se observar que as faixas da direita e da esquerda apresentaram um IRI similar, permanecendo majoritariamente com um comportamento quase linear, o que nem sempre acontece visto que a faixa da direita é utilizada por veículos pesados, tendendo a deteriorar o pavimento mais rápido. Além disso, o IRI majoritariamente dentro da classificação “excelente” está de acordo com o levantamento visual subjetivo realizado durante a coleta de dados.

Ademais, com relação aos trechos que obtiveram a classificação “bom”, tem-se como exemplo o km 41,5 e km 41,7 no sentido sul, faixa da direita e esquerda, respectivamente. Nesta região, entre os quilômetros 41 e 42, existe uma fábrica, responsável por atrair muitos veículos pesados diariamente. Já no sentido Norte, todos os trechos que obtiveram a classificação “bom” estão na faixa da direita. Outrossim, estes trechos são compostos por curvas, transições para curvas, posto de gasolina, comércios e interferências, como faixas de pedestres e radares, que podem ter influenciado a leitura realizada pelo *smartphone* por serem regiões que exigem uma maior atenção do condutor e redução de velocidade.

4.3 Comparação do IRI com sinistros viários graves

Nesta seção estão apresentadas as correlações entre o IRI e os sinistros viários graves ao longo da extensão rodoviária analisada. As Figura 8 e Figura 9 trazem os resultados referentes à



comparação, em gráfico linear e de barras, entre IRI e sinistros em intervalos de 0,5 quilômetros.

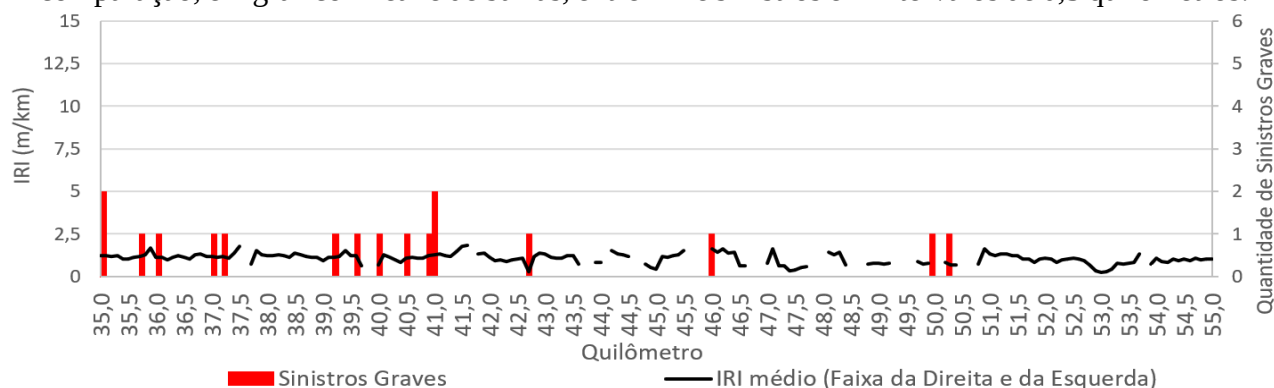


Figura 8: Comparação dos dados de IRI (m/km) com a quantidade de sinistros graves para o sentido sul

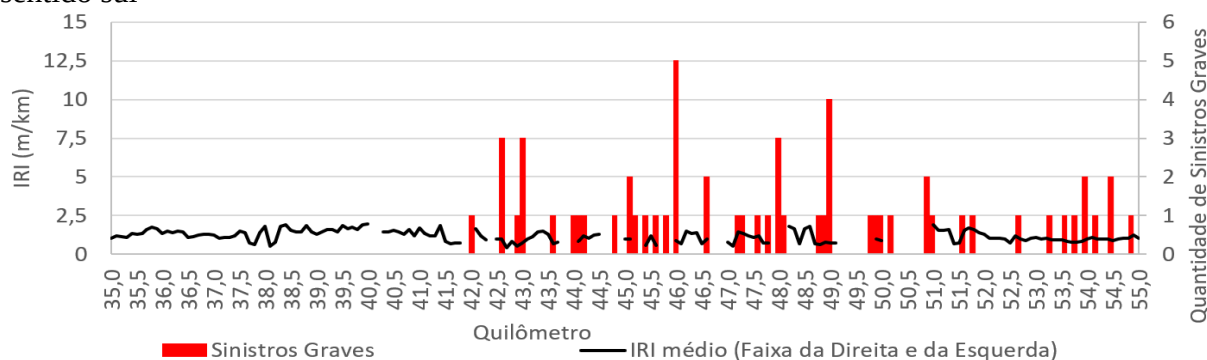


Figura 9: Comparação dos dados de IRI (m/km) com a quantidade de sinistros graves para o sentido norte

Por meio dos resultados apresentados, não foi possível encontrar uma correlação direta entre o IRI e a quantidade de sinistros graves ao longo da rodovia, de forma a justificar o pico deste último parâmetro. Ademais, tomando como exemplo o sentido sul, próximo ao quilômetro 43, há um aumento na quantidade de sinistros viários, entretanto, o IRI apresenta uma redução.

Uma segunda análise foi realizada por meio de gráficos de barras, separando o trecho analisado em segmentos de dois quilômetros. As Figuras 10 e 11 apresentam o IRI médio para os dois sentidos analisados, com as barras de erro iguais a mais ou menos os desvios padrões dos valores de IRI contidos naquele intervalo. Além disso, junto aos resultados de IRI, as figuras apresentam barras referentes aos sinistros graves ocorridos para os intervalos analisados.

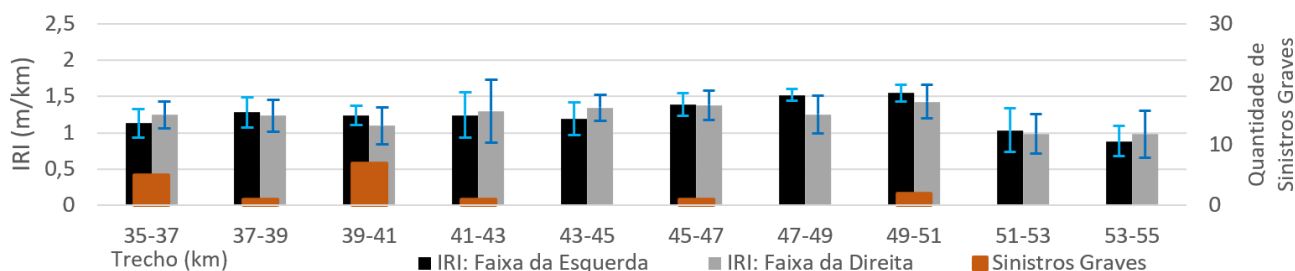


Figura 10: Análise do IRI médio com barras de erro (desvio padrão) em relação aos sinistros graves sentido sul

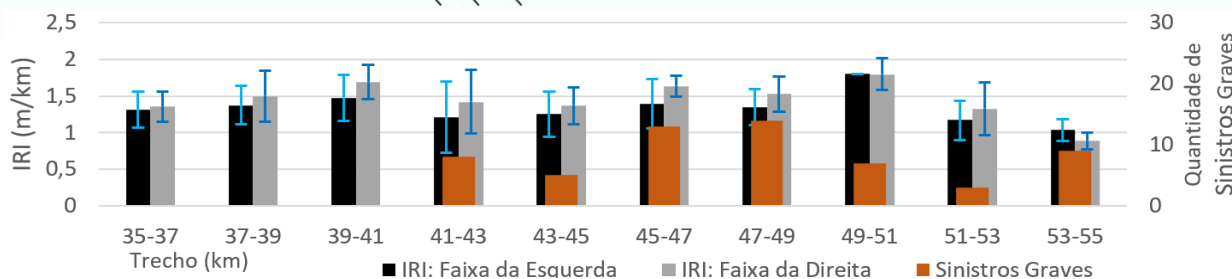


Figura 11: Análise do IRI médio com barras de erro (desvio padrão) em relação aos sinistros graves sentido norte

Por meio das imagens apresentadas, novamente não foi possível encontrar correlação entre o IRI e os sinistros viários graves. É possível perceber que as rodovias apresentaram classificações, em sua maioria, como excelentes por apresentar valores de IRI abaixo de 4 m/km. Portanto, as causas dos sinistros certamente não estão relacionadas à condição superficial do pavimento, e sim, ao alto fluxo de pessoas e comércios que gera um alto tráfego na região.

A última análise apresenta uma barra de erro que varia significativamente, representando o valor de máximo e mínimo que aquele IRI pode chegar, dada a variação amostral encontrada. Dessa forma, levando em consideração a barra de erro, não foram obtidos valores distintos de IRI nos trechos analisados pois as variações estão dentro do intervalo de erro definido pelo desvio padrão. Portanto, não se verifica nenhuma tendência de IRI ao longo do trecho analisado.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo verificar a condição rodoviária, medido por meio de avaliações funcionais de irregularidade longitudinal, o IRI, e identificar o seu impacto na segurança viária.

Pode-se concluir que foram verificadas duas formas de tentar correlacionar o IRI com a quantidade de sinistros viários graves e que em ambos os casos não houve uma correlação explícita. O IRI, como foi mencionado anteriormente, se manteve majoritariamente na faixa de excelência, sendo identificados somente 9 pontos com classificação “bom”, dentre os quais, o maior IRI no sentido sul está na faixa da direita, 2,26 m/km no km 41,5, e o maior IRI no sentido norte está também na faixa da direita, 2,22 m/km no km 41,4. Estes valores foram encontrados em regiões onde há um intenso fluxo de comércio, exigindo uma grande movimentação, tanto de carro como de pessoas. A boa classificação do IRI pode ser corroborada pela inspeção feita in loco no dia do levantamento, onde não foram identificadas protuberâncias que pudessem justificar uma má qualidade do pavimento.

Ademais, foi possível concluir, a partir dos resultados, que o IRI e a quantidade de sinistros graves não variam seguindo um mesmo padrão. Portanto, não há uma correlação direta entre estes parâmetros no trecho analisado. Entretanto, a pavimentação é apenas um dos fatores com potencialidade de interferir nos sinistros, não sendo nem o majoritário, sendo este, o componente humano.

Finalmente, apesar de não apresentado uma relação direta entre os componentes desejados, este trabalho apresentou a aplicação de um método prático para avaliação funcional de um trecho rodoviário usando apenas um *smartphone*, uma tecnologia de alta praticidade devido ao uso de



poucos equipamentos. Essa forma de coleta de dados é mais prática e menos custosa que as demais existentes anteriormente, além de apresentar um resultado com precisão confiável, como foi constatado por Almeida (2018).

Agradecimentos

Os autores agradecem à TPF Engenharia pelo incentivo dado à primeira autora na área de infraestrutura e apoio para a participação no congresso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, L. C. (2018) *Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 95 f.
- Barella, R. M. (2008) *Contribuição para a avaliação da irregularidade Longitudinal de pavimentos com perfilômetro inerciais*. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 262 p.
- Bernucci, L. B. et al. (2007) *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*. Rio de Janeiro, v. 504.
- CNT (2020) *Painel CNT de Consultas Dinâmicas dos Acidentes Rodoviários*. Confederação Nacional do Transporte.
- CNT e SEST SENAT (2021) *Relatório Gerencial: Pesquisa CNT de Rodovias (23ª ed.)*. Confederação Nacional do Transporte, Serviço Social do Transporte e Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte, Brasília, p. 231.
- DER/PE (2021) *Sistema Rodoviário Estadual*. Departamento de Estradas e Rodagem de Pernambuco.
- DNIT (2011) *IPR – 745 – Manual de Gerência de Pavimentos*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Rio de Janeiro, p. 189p., 2011.
- DNIT (2016) *DNIT realiza recuperação da BR-101/PE entre Igarassu e Paulista*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-realiza-recuperacao-da-br-101-entre-igarassu-e-paulista>>. Acesso em: 10 de maio de 2022.
- Elvik, R.; Høye, A.; Vaa, T. e Sørensen, M. O. (2015) *Manual de Medidas de Segurança Viária: Edição ampliada e revisada*. Fundación Mapfre, Madrid, Espanha.
- Lima, J. F. S. e Vilar, J. W. C. (2021) *Entre Tempos e Espaços: Duplicação da BR-101 no Nordeste do Brasil*. Anais do XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, ENANPEGE, GT 70: Planejamento, Gestão e Produção do Espaço.
- Paterson, W. D. O. (1986) *International Roughness Index: Relationship to Other Measures of Roughness and Riding Quality*. Article, Transportation Research Record, Washington, DC., USA, n. 1084, p. 12.
- PRF (2020) *Acidentes agrupados por pessoa – Todas as causas e tipos de acidentes (2020)*. Polícia Rodoviária Federal, disponível em: <<https://www.gov.br/prf/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-acidentes>>. Acesso em: 07 de março de 2022.
- PRF (2021a) *Acidentes agrupados por pessoa – Todas as causas e tipos de acidentes (2021)*. Polícia Rodoviária Federal, disponível em: <<https://www.gov.br/prf/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-acidentes>>. Acesso em: 07 de março de 2022.
- PRF (2021b) *PRF realiza segunda etapa da Operação Vita em Pernambuco*. Polícia Rodoviária Federal, disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-realiza-recuperacao-da-br-101-entre-igarassu-e-paulista>>. Acesso em: 20 de maio de 2022
- Sayers, M. W.; Gillespie, T. D. e Queiroz, C. (1982) *International Experiment to Establish Correlation and Standard Calibration Methods for Road Roughness Measurements*. Transportation Research Institute, p. 10-14.
- Sayers, M. W.; Gillespie, T. D. e Queiroz, C. A. V. (1986) *The international road roughness experiment: a basis for establishing a standard scale for road roughness measurements*. Transportation Research Record, v. 1084, p. 86-92.
- Sousa, E.S. (2021) *Análise de Limites de Índice de Irregularidade Internacional em Pistas Aeroportuárias com base em Simulações Computacionais*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza 138 f.

Maria Eduarda Esteves Neves (mariaeduardaneves@gmail.com)

Reuber Arrais Freire (reuber.freire@ufpe.br)