

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

João Pedro Nunes Willes

**CONFRONTO ENTRE O IRI E A PERCEPÇÃO DE CONFORTO  
DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO DURANTE O  
PERCURSO QUE ATENDE À UFSM**

Santa Maria, RS  
2023

**CONFRONTO ENTRE O IRI E A PERCEPÇÃO DE CONFORTO DOS  
USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO DURANTE O PERCURSO QUE  
ATENDE À UFSM**

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,  
RS), como requisito parcial para obtenção do  
título de **Engenheiro Civil**.

Orientador: Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira

Coorientador: Prof. Dr. Danilo Rinaldi Bisconsini

Santa Maria, RS

2023

**João Pedro Nunes Willes**

**João Pedro Nunes Willes**

**CONFRONTO ENTRE O IRI E A PERCEPÇÃO DE CONFORTO DOS  
USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO DURANTE O PERCURSO QUE  
ATENDE À UFSM**

Trabalho de conclusão de curso,  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da  
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,  
RS), como requisito parcial para obtenção do  
título de **Engenheiro Civil**.

**Aprovado em 17 de março de 2023:**

---

**Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Membro 2 da banca de avaliação do trabalho (UFSM)**

---

**Membro 3 da banca de avaliação do trabalho (UFSM)**

Santa Maria, RS  
2023

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer acima de tudo àqueles que me deram o suporte necessário para que eu pudesse chegar nesse momento da vida, meus pais, Fabio Antônio Billig Willes e Silvania Nunes Willes que foram a base para que eu sonhasse em alcançar qualquer objetivo que eu pensasse e sempre se fizeram presentes no dia a dia prestando apoio e acreditando a todo momento no meu potencial.

Também não poderia deixar de citar meus avós paternos que desde a infância foram muito presentes e auxiliavam muito tanto eu quanto minha irmã nos levando ao colégio sempre que necessário e foram parte fundamental das nossas vidas.

Falando de amigos não poderia deixar de trazer as pessoas que se fizeram presentes nessa fase da minha vida de maneira talvez até mais próxima que meus familiares uma vez que esses entendem a rotina da vida na academia e muitas vezes compartilhavam de preocupações parecidas para o futuro. Nessas pessoas gostaria de citar meu amigo Marcelo da Costa Keller que me acompanha desde o ensino médio e sempre está disposto a ouvir quando necessário, Daniel Guglielmini Ebling que foi meu colega de faculdade e agora divide uma primeira experiência no mercado de trabalho comigo em Santa Cruz do Sul, Heloisa Zanchet Zanata, Maria Luiza Oliveira da Silveira e Larissa Sampaio Zanella que conheci no projeto de extensão Base Jr. e foram pontos de suporte muito fortes para a vida pessoal e o meu desenvolvimento durante a faculdade que ainda se mantiveram mesmo com as diferentes trajetórias que cada um tomou com o passar do tempo.

Agradeço também aos professores Dr. Deividi da Silva Pereira e Dr. Danilo Rinaldi Bisconsini que me auxiliaram diretamente para a elaboração desse estudo e serviram como base para que toda essa análise fosse possível.

Por fim, gostaria de agradecer ao GEPPASV que colaborou muito com a dissertação fazendo os levantamentos de IRI que foram utilizados amplamente para compor as comparações do trabalho.

*"Planos são apenas boas  
intenções a menos que imediatamente se  
tornem trabalho duro."*

*(Peter Drucker)*

## RESUMO

### **CONFRONTO ENTRE O IRI E A PERCEPÇÃO DE CONFORTO DOS USUÁRIOS DO TRANSPORTE COLETIVO DURANTE O PERCURSO QUE ATENDE À UFSM**

AUTOR: João Pedro Nunes Willes  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira  
COORIENTADOR: Prof. Dr. Danilo Rinaldi Bisconsini

Este trabalho apresenta uma análise baseada em pesquisa de campo e coleta de dados sobre a percepção subjetiva de conforto do usuário dentro de veículos do transporte público municipal nos trajetos da rua Vale Machado até a UFSM e também da UFSM até a rua Vale Machado. O trajeto foi escolhido pois é um dos principais do município de Santa Maria-RS visto que uma grande quantidade de acadêmicos utiliza desse meio de locomoção para frequentar a universidade. A avaliação funcional de pavimentos é uma metodologia complexa e que exige grande dedicação técnica e mobilização de equipamentos para campo para que seja feita da maneira apropriada. Essa condição também traz consigo um custo elevado e um planejamento a longo prazo uma vez que para o levantamento do IRI, por exemplo, é necessário que uma escolta do departamento de trânsito municipal seja acionada para que obtenha-se resultados confiáveis nos levantamentos com o perfilômetro inercial.

Diante dessa premissa, a proposta desse trabalho é avaliar a possibilidade de utilizar de sistemas de coleta de satisfação do usuário para medir de forma mais simplificada a qualidade da via correlacionando-a com o conforto gerado ao passageiro. Para isso, a metodologia que se destacou foi o CSAT, denominada *Customer Satisfaction Score* que pode ser aplicada utilizando de formulários digitais com o intuito de facilitar a coleta e trazer maior praticidade.

Os resultados obtidos na coleta CSAT também foram comparados com acelerações verticais medidas com o auxílio de smartphones para verificar a sua correlação e também explicar fenômenos como a discrepância de resultados dependendo da posição em que o passageiro se encontra no veículo.

**Palavras-chave:** Índice de irregularidade longitudinal. Percepção de conforto subjetiva. CSAT de pavimentos. Análise de satisfação de pavimentos. Conforto no transporte público. Conforto vibracional. Correlação IRI com conforto do usuário

## ABSTRACT

### CONFRONTATION BETWEEN IRI AND PERCEPTION OF COMFORT OF PUBLIC TRANSPORT USERS DURING THE ROUTE AT UFSM

AUTHOR: João Pedro Nunes Willes  
ADVISOR: Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira  
CO-ADVISOR: Prof. Dr. Danilo Rinaldi Bisconsini

This research presents an analysis based on field research and data collection on the subjective perception of user comfort inside municipal public transport vehicles on the paths from street Vale Machado to UFSM and also from UFSM to street Vale Machado. The routes were chosen because it is one of the main ones in the city of Santa Maria-RS, since a large number of academics use this means of transportation to attend the university. The functional evaluation of pavements is a complex methodology that requires great technical dedication and mobilization of equipment for the field in order to be carried out properly. This condition also brings with it a high cost and long-term planning, since for the IRI survey, for example, it is necessary that an escort from the municipal transit department be activated in order to obtain reliable results in the surveys with the inertial profilometer.

Given this premise, the purpose of this work is to evaluate the possibility of using user satisfaction collection systems to measure the quality of the road in a more simplified method, correlating it with the comfort generated for the passenger. For this, the methodology that stood out was the CSAT, called Customer Satisfaction Score, which can be applied using digital forms in order to facilitate the collection and bring greater practicality.

The results obtained in the CSAT collection were also compared with vertical accelerations measured with the help of smartphones to verify their correlation and also explain phenomena such as the discrepancy of results depending on the position in which the passenger is in the vehicle.

**Keywords:** Irregularity index. Subjective perception of comfort in public transport. CSAT for pavements. Pavements satisfaction analysis. Comfort in public transport. Vibrational comfort. IRI correlation with user Comfort.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Perfil longitudinal do pavimento.....	15
Figura 2 – Perfilômetro inercial do GEPPASV/UFSM.....	17
Figura 3 – Tela de medição do aplicativo UTFPR-PB - USP .....	19
Figura 4 – Pesquisa de satisfação quantitativa .....	21
Figura 5 – Pesquisa de satisfação qualitativa .....	21
Figura 6 – Pesquisa de satisfação mista (quantitativa e qualitativa) .....	22
Figura 7 - Zonas de classificação do NPS .....	24
Figura 8 - Pavimentação asfáltica (Avenida Rio Branco) .....	26
Figura 9 - Pavimentação em paralelepípedos (Av. Rio Branco) .....	27
Figura 10 - Pavimentação em CCP (Rua do Acampamento) .....	27
Figura 11 - Pavimentação em paralelepípedo (UFSM) .....	28
Figura 12 - Diagrama unifilar (Vale Machado - UFSM).....	28
Figura 13 - IRI médio (Vale Machado - UFSM).....	29
Figura 14 - IRI médio (UFSM - Vale Machado).....	29
Figura 15 - Exemplo de formulário para avaliação subjetiva individual.....	30
Figura 16 – Posição dos voluntários no veículo .....	31
Figura 17 – Comparação entre a distribuição T de student e a distribuição normal.....	32
Figura 18 - Gráfico IRI x ASC no trajeto Vale Machado - UFSM .....	36
Figura 19 - Gráfico IRI x ASC no trajeto UFSM - Vale Machado .....	36
Figura 20 - Gráfico IRI x ASC no trajeto completo .....	37
Figura 21 – IRI x ASC apenas do eixo frontal do veículo.....	39
Figura 22 - IRI x ASC somente do eixo traseiro .....	39
Figura 23 - IRI x ASC somente do balanço traseiro.....	40
Figura 24 – Posição dos smartphones no veículo .....	41
Figura 25 – Suporte para levantamento de dados com smartphones.....	41
Figura 26 – Comparação de médias de conforto atribuídas por posição no veículo ....	42
Figura 27 - Comparação de RMSVA por posição no veículo .....	42



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conceitos que afetam a percepção de qualidade do transporte público.....	15
Tabela 2 – Classificação da textura do pavimento .....	16
Tabela 3 - IRI/QI x Conceito do pavimento .....	18
Tabela 4 – Distribuição T de Student .....	33
Tabela 5 – Intervalo de confiança no sentido Vale Machado - UFSM .....	34
Tabela 6 - Intervalo de confiança no sentido UFSM – Vale Machado .....	34
Tabela 7 - “R de Pearson” e “P-Value” para o trajeto Vale Machado - UFSM .....	38
Tabela 8 - “R de Pearson” e “P-Value” para o trajeto UFSM - Vale Machado .....	38
Tabela 9 - “R de Pearson” e “P-Value” para o trajeto completo .....	38

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS.....	13
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1	TRANSPORTE PÚBLICO .....	14
2.2	ÍNDICE DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL.....	15
2.3	AVALIAÇÃO DE IRREGULARIDADE COM SMARTPHONES .....	18
2.4	PERCEPÇÃO DE CONFORTO DO USUÁRIO .....	19
2.5	MÉTODOS DE PESQUISA DE OPINIÃO PÚBLICA .....	20
<b>2.5.1</b>	<b>NPS (<i>Net Promoter Score</i>) .....</b>	<b>22</b>
2.5.1.1	Cálculo do NPS.....	23
2.5.1.2	Classificação do NPS .....	23
<b>2.5.2</b>	<b>CSAT (<i>Customer Satisfaction Score</i>).....</b>	<b>24</b>
2.5.2.1	Cálculo do CSAT .....	24
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
3.1	DEFINIÇÃO DOS TRECHOS DE ESTUDO .....	26
3.2	COLETA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE CONFORTO COM A METODOLOGIA CSAT .....	29
3.3	TABULAÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS .....	31
<b>3.3.1</b>	<b>Obtenção de intervalos de confiança .....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Teste de Pearson e P-Value.....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Correlação entre a avaliação subjetiva e o IRI.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Verificação de dependência entre as variáveis pelo coeficiente de Person</b>	<b>37</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Separação por posição no veículo .....</b>	<b>38</b>
4.2	PONTOS DE ATENÇÃO SOBRE OS RESULTADOS ENCONTRADOS....	43
<b>4.2.1</b>	<b>Amostragem .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Veículos e lotação.....</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>44</b>
5.1	RELAÇÃO ENTRE O IRI E A AVALIAÇÃO SUBJETIVA DE CONFORTO .....	44

## 5.2 RELAÇÃO ENTRE A AVALIAÇÃO DE CONFORTO E A POSIÇÃO DO PASSAGEIRO .....45

# 1 INTRODUÇÃO

Desde a sua concepção até a execução e início do funcionamento de um pavimento este passa por diversas condições que acabam por trazer modificações em seu comportamento frente às solicitações que lhe foram atribuídas. Um fator importante de destacar é que o reflexo do pavimento devido aos esforços solicitantes durante seu horizonte de projeto ao conforto do usuário também vai se modificando com o passar do tempo. Tal fenômeno acaba se tornando cada vez mais considerável uma vez que não se é mantida uma rotina de avaliação funcional para pavimentos efetiva que possam servir de alerta para que alguma intervenção seja realizada a fim de preservar o material do revestimento por mais tempo em condições aceitáveis.

Conforme os estudos de Gordon (1985) e AASHTO (1993), os dados levantados por meio de avaliações funcionais, estruturais e de superfície em conjunto podem ser usados como verificações se o pavimento está atendendo ainda as solicitações existentes, determinar a condição atual da rede viária, prever o comportamento futuro do pavimento com base em uma série de dados históricos, planejar e programar futuras reabilitações necessárias para que o pavimento atinja ao horizonte de projeto com eficiência, além de elencar prioridades entre trechos viários para melhor investimento sob condições de restrição orçamentária.

Uma das formas de se realizar uma avaliação funcional de pavimentos é por meio da Avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais. O principal resultado obtido com o auxílio dos perfilômetros inerciais é o Índice de irregularidade longitudinal (IRI). O IRI é uma relação entre o somatório dos desvios verticais medidos no pavimento por um laser em trechos divididos a cada 10 metros. Dessa forma os dados obtidos são geralmente na unidade “m/km” (BARELLA 2008).

Entretanto, por mais que os resultados obtidos por meio do uso dos perfilômetros inerciais sejam de boa confiabilidade, o uso desses equipamentos demanda um certo aporte financeiro, organização e um planejamento municipal para a realização da coleta sem a interferência dos demais elementos do trânsito. Por isso, outras formas de avaliação de qualidade de pavimentos foram sendo desenvolvidas para suprir de forma mais prática a necessidade de intervenções para reparos ou manutenções em vias.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A principal justificativa do tema escolhido é a necessidade de desenvolver as ferramentas existentes e criar metodologias mais simplificadas e rápidas para a análise da qualidade dos pavimentos. Também iniciar uma avaliação sobre a percepção de conforto do

próprio usuário de transporte público e perceber as variáveis existentes que acabam por interferir nos resultados obtidos de satisfação dos passageiros durante as viagens.

Desta forma, é esperado que seja possível entender se existe uma relação entre o IRI e uma percepção de conforto do passageiro, avaliar se a mesma é significativa e quais análises podem ser feitas para que essa coleta se torne útil para a avaliação funcional de pavimentos e possíveis melhorias dos trechos estudados.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Avaliar se há relação direta entre a percepção de conforto subjetiva dos usuários do transporte público na rota entre a região central da cidade de Santa Maria e o campus sede da UFSM e o IRI obtido em levantamento realizado com perfilômetro inercial no mesmo trecho.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Coletar a percepção de conforto de voluntários não envolvidos nas pesquisas para obtenção de dados de amostragem;
- Comparar resultados obtidos subjetivamente com voluntários juntamente com os índices de irregularidade obtidos de maneira objetiva pelo equipamento;
- Comparar os resultados obtido por meio de fichas de avaliação subjetivas, IRI e acelerações obtidas por meio dos acelerômetros de smartphones.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TRANSPORTE PÚBLICO

O transporte público é um dos serviços mais importantes em uma cidade. O transporte coletivo possibilita a locomoção de um grande número de pessoas por um custo razoavelmente baixo e acessível de modo a tentar tornar mais fácil o deslocamento para atender demandas como: trabalho, saúde e estudos principalmente (ARAUJO, 2011).

A parte da população que tem melhores condições financeiras acaba muitas vezes por optar pelo uso de veículos individuais para sua locomoção em função principalmente por prezar pelo conforto e maior flexibilidade de horários. Contudo, mesmo que o transporte coletivo urbano não seja um meio que priorize o conforto do passageiro essa questão não deve ser deixada de lado uma vez que ao incentivar a população a utilizar o transporte coletivo pode ser uma solução para reduzir os congestionamentos em diversas regiões das cidades.

Segundo Gomide (2006), a oferta inadequada de transporte coletivo, além de prejudicar a parcela mais pobre da população, estimula o uso do transporte individual, que aumenta os níveis de poluição e congestionamentos.

Além de uma oferta inadequada não se pode deixar de lado a qualidade do serviço prestado pelas empresas, uma vez que caso ela não esteja em um padrão satisfatório à população na primeira oportunidade de optar por um outro tipo de meio de transporte o fará.

Em cidades como a de Santa Maria/RS, onde a população é superior à 60 mil habitantes, cerca de 28% optam por utilizar o transporte público diariamente para a realização de suas tarefas. Também é razoável destacar que a utilização percentual do transporte público é diretamente proporcional ao número de habitantes das cidades, sendo que em cidades maiores cerca de 36% da população utiliza como meio principal de locomoção enquanto nas menores esse número chega próximo aos 19%. (ANTP, 2018)

Diversos fatores acabam por influenciar a percepção de qualidade do transporte público entre eles a acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, qualidade dos veículos, disposição das paradas, sistemas de propaganda e informação, conectividade entre diferentes partes da cidade (estrutura das linhas), postura dos funcionários e, por fim, o estado das vias que é o principal tema deste trabalho. (RODRIGUES, 2008)

Tabela 1 – Conceitos que afetam a percepção de qualidade do transporte público

QUALIDADE	CONCEITO
Acessibilidade	Facilidade de chegar ao local de embarque no transporte coletivo e de sair do local de desembarque e alcançar o destino final.
Frequência de atendimento	Intervalo de tempo da passagem dos veículos.
Tempo de viagem	Tempo gasto no interior dos veículos.
Lotação	Quantidade de passageiros no interior dos veículos.
Confiabilidade	Grau de certeza dos usuários de que o veículo de transporte público vai passar na origem e chegar ao destino no horário previsto.
Segurança	Acidentes envolvendo os veículos e atos de violência.
Veículos	Tecnologia e o estado de conservação dos ônibus.
Locais de parada	Sinalização adequada, existência de bancos e cobertura.
Sistema de informação	Disponibilidade de folhetos com horários, itinerário das linhas e indicação de estações.
Conectividade	Facilidade de deslocamento entre dois locais quaisquer.
Operadores	Postura dos motoristas e cobradores.
Estado das vias	Qualidade da superfície de rolamento.

Fonte: Rodrigues (2008)

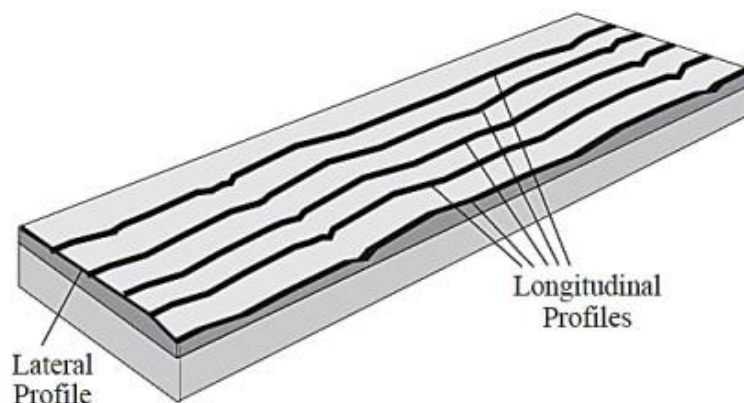
Segundo Ferraz e Torres (2004), um dos atributos que possibilitam a mensuração da qualidade do transporte público é o “tempo de viagem” e isso seria afetado diretamente pela qualidade das vias onde o veículo transita como apresentado na Tabela 1.

A velocidade do transporte depende da distância média entre pontos de parada, do grau de separação entre o transporte público e o tráfego em geral, das condições de trânsito e de rolamento proporcionada pela pavimentação das vias. (SAMPAIO; LIMA NETO, 2006)

## 2.2 ÍNDICE DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL

A irregularidade longitudinal, Figura 1, pode ser definida como os desvios existentes em uma superfície no sentido do fluxo de veículos e que pode afetar diretamente a dinâmica do trânsito, a qualidade de rolamento, as cargas dinâmicas e condições de drenagem (ASTM E 1926-98).

Figura 1 – Perfil longitudinal do pavimento



Fonte: Sayers e Karamihas (1998)

Segundo Medina e Motta (2015), a irregularidade longitudinal é um fator que está diretamente ligado à avaliação funcional da via e principalmente referindo-se à qualidade operacional apresentada por ela. Dessa forma, pode-se dizer que a irregularidade é um indicador para a avaliação do conforto do usuário. A irregularidade longitudinal também está relacionada com a vibração sentida pelos usuários durante as viagens, juntamente com outros fatores como a velocidade operacional, a massa do veículo e o sistema de suspensão. (SAYERS *et al.* 1986b e HAAS *et al.* 1994).

A determinação da irregularidade longitudinal é realizada ao longo de uma linha imaginária paralela ao eixo da rodovia, normalmente coincidente com as trilhas de rodas, especialmente a externa (BERNUCCI *et al.*, 2022).

Além disto o perfil do pavimento possui uma ampla gama de comprimentos de onda que variam de vários centímetros a dezenas de metros, com amplitudes variadas, o que afeta de maneiras diferentes a vibração dos veículos, dependendo de sua velocidade. (PAPAGIANNAKIS; MASAD, 2008). A classificação da textura da via conforme os comprimentos de onda pode ser expressa segundo a Tabela 2.

Tabela 2 – Classificações das texturas do pavimento

Classificação da textura	Faixa de comprimentos de onda
Microtextura	>0,05mm
Macrotextura	0,05 a 50mm
Megatextura	50 a 500mm
Irregularidade longitudinal do pavimento	0,5 a 50m

Fonte: Notas de aula do Prof. Dr. Deividi da Silva Pereira (2022)

O IRI (*International Roughness Index*) é uma das maneiras de medida utilizadas para a avaliação funcional de pavimentos que veio para substituir o “Quociente de irregularidade”. Para a obtenção utiliza-se um equipamento a laser denominado “Perfilômetro inercial” que mede os desvios verticais ocorridos durante o trajeto a cada 10 metros e está representado na Figura 2 (BARELLA, 2008).



Figura 2 – Perfilômetro inercial do GEPPASV/UFSM



Fonte: Autor

O índice de irregularidade longitudinal é um dos principais parâmetros utilizados para a avaliação funcional de pavimentos. Em resumo, é um levantamento feito na faixa de 0,5 a 50 metros, ou seja, em faixas de comprimento de onda maiores. (YONDER; WITCZAK, 1975)

As principais evoluções dos perfilômetros inerciais utilizados atualmente para mensurar o IRI é a utilização de um conjunto de lasers que permitem a determinação do perfil longitudinal sem a necessidade do contato direto com o pavimento, GPS para trazer maior confiabilidade no posicionamento do equipamento e a possibilidade de usar simultaneamente tecnologias como o ultrassom para retirar dados ainda mais específicos de cada trecho de estudo (SAYERS e KARAMIHAS, 1998). Os resultados são obtidos na unidade de m/km e pode ser utilizado para

estimar a condição do trecho analisado como apresentado na Tabela 3 retirada do manual de restauração do DNIT. (SAYERS et al., 1986)

Tabela 3 - IRI/QI x Conceito do pavimento

Conceito	QI (cont/Km)	IRI (m/Km)
Ótimo	13 – 25	1 – 1,9
Bom	25 – 35	1,9 – 2,7
Regular	35 – 45	2,7 – 3,5
Ruim	45 – 60	3,5 – 4,6
Péssimo	> 60	> 4,6

Fonte: Manual de restauração (DNIT,2006)

### 2.3 AVALIAÇÃO DE IRREGULARIDADE COM SMARTPHONES

Com o passar dos anos, novos meios de avaliar a condição de irregularidade de pavimentos acabam sendo desenvolvidas para que não exista uma dependência apenas o IRI para esse objetivo. Uma dessas formas alternativas é utilizando smartphones posicionados em suportes específicos para que com a execução de um aplicativo possam ser coletadas informações do GPS e giroscópio do aparelho, como a posição exata do eletrônico e dados de aceleração em torno dos 3 eixos (X, Y e Z). (BISCONSINI, 2020)

Segundo Bisconsini e Fernandes Junior (2018), a utilização de smartphones para a análise da e levantamento de defeitos em rodovias é estimulada ainda mais quando leva-se em questão a necessidade de uma avaliação mais contínua, de menor custo e maior praticidade das condições de pavimentos em todo o Brasil.

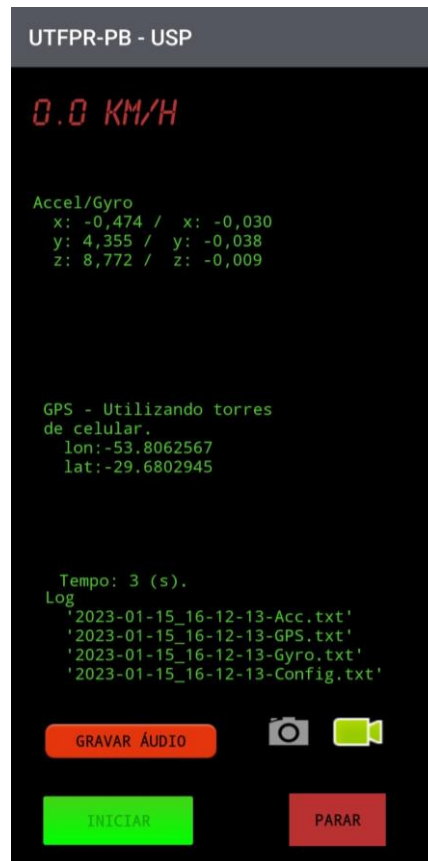
A raiz média quadrática da aceleração vertical (RMSVA) é uma das formas de tratar os dados obtidos com os acelerômetros dos smartphones para relacionarmos com outros índices como o IRI por exemplo. O cálculo pode ser expressado pela equação (3). (BISCONSINI, 2020)

$$RMSVA = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (a_{zi})^2}{n}} \quad (3)$$

Em que: RMSVA: Raiz da média quadrática da aceleração vertical (m/s<sup>2</sup>)  
 $a_{zi}$ : Aceleração vertical no ponto i (m/s<sup>2</sup>)  
 n: Número de dados coletados.

Os dados de aceleração podem ser obtidos utilizando o aplicativo “UTFPR-PB – USP”, que armazena os dados de velocidade atual, aceleração em torno dos 3 eixos (X, Y e Z), posição atual utilizando o sistema de GPS do aparelho (coletando latitude e longitude) e o tempo total de coleta.

Figura 3 – Tela de medição do aplicativo UTFPR-PB - USP



Fonte: Aplicativo UTFPR-PB - USP

## 2.4 PERCEPÇÃO DE CONFORTO DO USUÁRIO

Tão importante quanto a durabilidade e resistência de um pavimento é o conforto que esse transmite para o usuário quando está em uso. Dito isso, a “serventia” é o conceito utilizado para medir essa percepção subjetiva de maneira mais padronizada como se pode encontrar na norma DNIT 009/2003 – PRO que trata sobre “Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos”.

A definição trazida na norma sobre a serventia é: A “Capacidade de um trecho específico de pavimento de proporcionar, na opinião do usuário, rolamento suave e confortável em

determinado momento, para quaisquer condições de tráfego” (DNIT 009/2003-PRO). Como o objetivo é verificar o conforto proporcionado, esses levantamentos devem ser feitos em situações climáticas favoráveis.

Também é de suma importância que os participantes da avaliação não compartilhem suas percepções sobre o trecho que está sendo, ou que já foi avaliado com os demais voluntários para que não ocorra uma indução de resultados entre si. Os fatores que mais interferem nos resultados, e que devem ser ressaltados para os avaliadores no início dos testes, são: “Buracos”, saliências presentes na pista, irregularidades longitudinais e irregularidades transversais.

É comum que como a percepção de cada pessoa é um pouco diferente exista uma variação nos resultados também desses testes. Porém, é importante utilizar uma metodologia para filtrar os valores que estão mais discrepantes e também que seja possível definir um comportamento padrão para o conjunto de resultados em um mesmo trecho (DNIT 009/2003-PRO).

## 2.5 MÉTODOS DE PESQUISA DE OPINIÃO PÚBLICA

Primeiramente, vale ressaltar que no Brasil as pesquisas de opinião tomaram força a partir da década de 1990. Nessa área é fácil observar a grande variabilidade de formas para realizar o levantamento e medir a satisfação dos usuários. A divisão desses métodos é feita entre “Métodos quantitativos” e “Métodos qualitativos” (Aspinal et al., 2003).

Os métodos quantitativos são os mais utilizados, especialmente os “*surveys*” ou inquéritos populacionais. Incluem a administração de questionários com questões fechadas e associam as questões a uma escala de valores, para mensurar as respostas e quantificar a satisfação como exposto na Figura 4. Uma das maiores razões pela qual os métodos quantitativos são mais utilizados vale elencar a facilidade da execução da pesquisa uma vez que dependendo do tipo do levantamento torna-se desnecessária até mesmo a presença de um avaliador em todos os momentos da pesquisa, um exemplo desse tipo de levantamento são as pesquisas virtuais ou por aplicativos. Isso além de tudo torna o método mais barato para as empresas e dessa forma muito mais atrativo comercialmente (Aspinal et al., 2003).

Figura 4 – Pesquisa de satisfação quantitativa

<p>1. A qualidade do nosso produto atende às tuas expectativas? *</p> <p><input type="radio"/> Sim</p> <p><input type="radio"/> Parcialmente</p> <p><input type="radio"/> Não</p>	<p>4. Você considera que nossa loja digital é prática para as tuas compras? *</p> <p><input type="radio"/> Sim, é bom pra mim</p> <p><input type="radio"/> Irrelevante</p> <p><input type="radio"/> Não, me desagrada</p> <p><input type="radio"/> Não conheço</p>
<p>2. Nosso produto apresenta um bom valor se comparado com outros similares no mercado? *</p> <p><input type="radio"/> Sim, é o melhor</p> <p><input type="radio"/> Está satisfatório</p> <p><input type="radio"/> Não, há melhores</p>	<p>5. Os canais de divulgação que utilizamos te influenciam a comprar nosso produto? *</p> <p><input type="radio"/> Sim, bastante</p> <p><input type="radio"/> Parcialmente</p> <p><input type="radio"/> Não muito</p>
<p>3. Você considera que nossa loja física é prática para as tuas compras? *</p> <p><input type="radio"/> Sim, é bom para mim</p> <p><input type="radio"/> Irrelevante</p> <p><input type="radio"/> Não, me desagrada</p> <p><input type="radio"/> Não conheço</p>	<p>6. Nossos profissionais te auxiliam e provêm o devido suporte em todo o teu processo de compras? *</p> <p><input type="radio"/> Sim nos dois</p> <p><input type="radio"/> Parcialmente, o atendimento é ruim</p> <p><input type="radio"/> Parcialmente, o suporte é ruim</p> <p><input type="radio"/> Não nos dois</p>

Fonte: <https://consumoliquido.com>

Por outro lado, os estudos quantitativos podem ser criticados por não avaliarem de forma eficiente fatores que envolvem certa subjetividade pessoal. Abordagens qualitativas conseguem trazer um leque mais amplo de opções de escolha para os entrevistados e geralmente demonstram de maneira mais exata o que cada pessoa sente frente a determinada situação, um exemplo desses métodos está apresentado na Figura 5 e Figura 6.

Figura 5 – Pesquisa de satisfação qualitativa

Você tem alguma sugestão ou crítica a fazer para cada vez mais melhorarmos nossos serviços?

---



---



---



---



---



---

**Muito Obrigado (a)**  
**Sua opinião é fundamental para nós!**

Fonte: <https://pt.scribd.com/vane-noronha>

Figura 6 – Pesquisa de satisfação mista (quantitativa e qualitativa)

**Marcos**, em uma escala de 0 a 10, o quanto você recomendaria o **Foca no Cliente** a um amigo ou colega de trabalho?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

O que te motivou nesta nota?

Fonte: <https://focanocliente.com.br/nps>

Outro fator importante para levarmos em consideração é citado por Aspinal *et al.* (2003), onde citam que pesquisas feitas face a face costumam inibir a honestidade de usuários tornando os resultados mais positivos pelo medo imposto inconscientemente no entrevistado de sofrer algum tipo de represália.

### 2.5.1 NPS (*Net Promoter Score*)

O NPS é um tipo de pesquisa de opinião focada na satisfação dos usuários para determinado produto ou empresa. A sigla vem do inglês e faz referência à uma “pontuação de promotores da rede”, que seria as chances de um usuário recomendar a outro o serviço ou produto que acabou de avaliar. (FIA, 2020)

Essa métrica surgiu em 2003 com o artigo “*The One Number You Need to Grow*” de Frederick F. Reichheld que foi publicado em uma revista da universidade de Harvard. Nele o autor cita que a principal ideia do método é substituir as séries complexas e longas de perguntas das antigas pesquisas de opiniões por uma única e clara pergunta “De 0 a 10, o quanto você recomendaria esse serviço para um amigo?”. Essa pergunta faz com que o entrevistado avalie a lealdade dele com o serviço e também se ele é ou não passível de ser indicado para um conhecido. Uma vez que o usuário tem a missão de realizar essa indicação as respostas acabam por ser mais honestas pois deixa de representar apenas a qualidade do serviço, mas também cria um sentimento de pertencimento do usuário juntamente com a empresa que esse está indicando.

Partindo dessas respostas a metodologia subdivide os dados em 3 grupos. Os que responderam como 10 ou 9 são classificados como usuários “Promotores”, aqueles que respondem com 7 ou 8 são classificados como neutros e, por fim, os que dão notas iguais ou inferiores a 6 se enquadram como usuários que seriam “Detratores” do serviço. Com essa divisão é possível observar qual a porcentagem de clientes que estão realmente satisfeitos com o serviço e clientes que acabam não tendo a experiência da forma com que mais gostariam. (REICHHELD, 2003)

#### 2.5.1.1 Cálculo do NPS

Com os dados obtidos, pode-se realizar o cálculo de fato do NPS com a seguinte utilizando a Equação 4:

$$NPS = \left( \frac{N^{\circ} \text{ de promoters} - N^{\circ} \text{ de detratores}}{N^{\circ} \text{ total de entrevistados}} \right) * 100 \quad (4)$$

#### 2.5.1.2 Classificação do NPS

Utilizando a Equação 4 pode-se chegar a um resultado que compreende o intervalo de -100 até 100, que traduz em porcentagens a satisfação da rede que está utilizando o serviço.

Ainda não há um consenso sobre a quantidade de grupos para classificar o NPS, porém um dos modos de agrupamento é o apresentado na Figura 7 onde o valor obtido é subdividido. De -100 até 0 corresponde à zona crítica onde seriam mais graves os problemas e por isso a intervenção deve ser o mais rápido possível de forma a não denegrir a imagem da empresa. Entre 1 e 50 tem-se a zona de aperfeiçoamento onde ainda existiriam problemas na execução de processos mais esses são mais brandos que no nível anterior. Na zona delimitada entre as notas 51 e 75 pode-se dizer que a empresa tem seus processos já bem desenvolvidos e deve focar para ampliar a qualidade de seus produtos para chamar mais atenção do usuário final. Com resultados entre 76 e 90 já não há pontos que se possa avaliar de melhoria nos processos existentes ou qualidade de atendimento, sendo assim, o que pode ser desenvolvido é a inovação e o impacto de seus produtos no dia a dia de seus usuários. Por fim, a zona de encantamento, entre 91 e 100, corresponde a maior nota possível de obtenção por meio desse indicador (DUARTE, 2021).

Figura 7 - Zonas de classificação do NPS



Fonte: [track.co/blog/net-promoter-score](http://track.co/blog/net-promoter-score)

### 2.5.2 CSAT (*Customer Satisfaction Score*)

Esse indicador surgiu aproximadamente no ano de 1980 na Suécia e durante a década seguinte empresas de outros países como os estados unidos da américa começaram a utilizar como métrica a seu favor para a melhoria de seus resultados e compreensão do público com que estavam se relacionando. (TALES, 2022)

O CSAT se destaca do NPS por possibilitar uma forma mais pontual de avaliação, utilizado maior objetividade e com a intenção de avaliar um determinado serviço ou etapa que está sendo executado no momento. (SILVA, 2022)

A sigla “CSAT” pode ser traduzida como “índice de satisfação do cliente” e é utilizado para mensurar o quão satisfeito o público-alvo se encontra com o serviço em avaliação. Nesse indicador a pergunta base para a realização da pesquisa deve ser “como você avalia sua satisfação com o serviço adquirido?” e da mesma forma do NPS podem ser propostas duas opções para resposta. Uma delas sendo uma escala de 1 a 5 e outra delas indo de 1 até 10 com descrições que utilizem adjetivos que vão de “muito ruim” até “totalmente satisfeito” por exemplo (SEGMENTO PESQUISAS, Porto Alegre, 2016).

#### 2.5.2.1 Cálculo do CSAT

Existem formas diferentes de se calcular o CSAT que dependem da forma com que o estudo for dirigido.

Em casos onde forem utilizadas opções, mas diretas para descrever o serviço, como “satisfeito”, “insatisfeito” e “indiferente”, o primeiro passo é obter o número de respostas positivas do teste (excluindo assim respostas como “indiferente” e “insatisfeito”).

Após isso, basta calcular a porcentagem que o valor calculado anteriormente representa da amostra total que foi levantada para estudo. O resultado obtido trará uma noção de efetividade para o serviço avaliado e com isso possibilitará uma possível correção em pontos onde esse valor de satisfação se encontra mais crítico.



Não existe um valor exato de meta a ser atingida, porém, de modo geral, pode-se ter como referência um valor de 70% de satisfação como um resultado positivo para o serviço avaliado. Esse indicador pode ser obtido utilizando as equações 5 e 6 dependendo da situação de coleta utilizada.

$$CSAT = \frac{\text{Número de respostas positivas}}{\text{Tamanho total da amostra}} \quad (5)$$

Caso seja utilizada uma escala do tipo “Likert” para a coleta (indo do 1 até o 10), a melhor maneira de calcular o CSAT é realizando a média ponderada da pesquisa apresentada na Equação 3

$$CSAT = \frac{\sum(\text{N}^{\circ} \text{ de ocorrências} * \text{nota})}{\text{Total de coletas da amostra}} \quad (6)$$

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

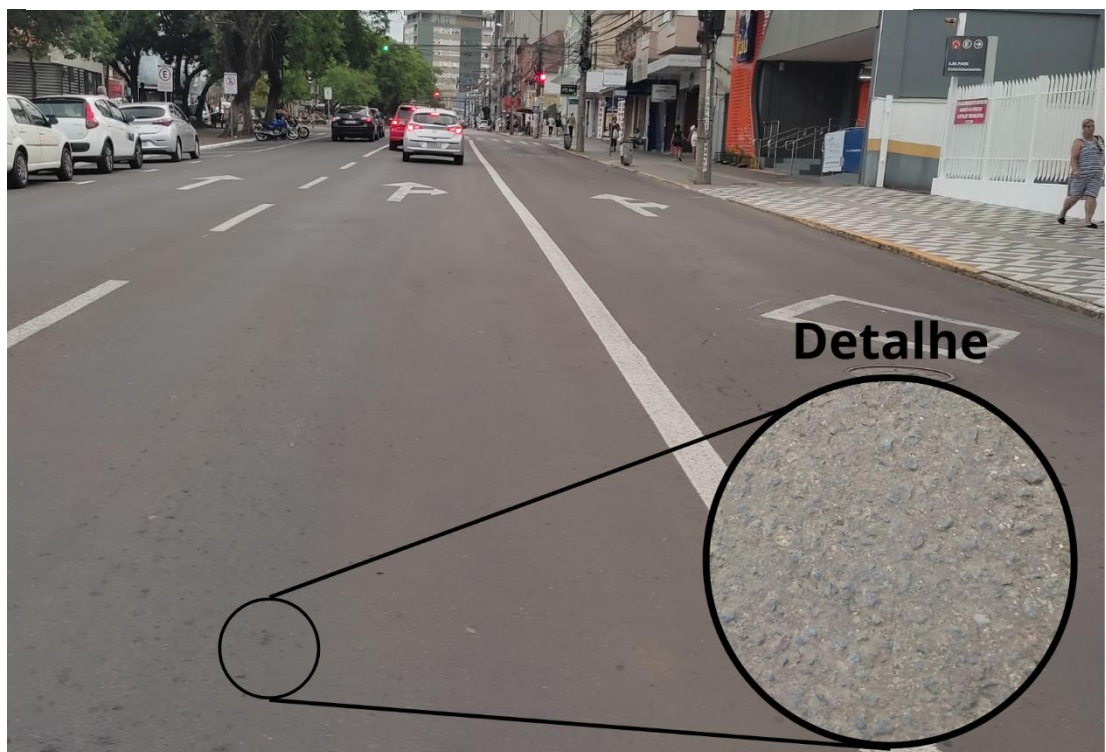
O processo metodológico consistiu em três etapas sendo uma de definição dos trechos de estudo, outra para coleta de dados e a última para comparação e tratamento de dados.

#### 3.1 DEFINIÇÃO DOS TRECHOS DE ESTUDO

O trecho de estudo escolhido para servir de testes para a pesquisa foi o efetuado pelo transporte público de Santa Maria para levar os estudantes da UFSM do centro da cidade, na rua Vale Machado, até o campus da universidade nos dois sentidos (Vale Machado – UFSM e UFSM – Vale Machado.) Com uma das variáveis que mais afeta a percepção de conforto dos usuários é o pavimento pelo qual o veículo transita, foi necessária uma subdivisão trechos que compartilhassem características semelhantes principalmente quando se analisa os tipos de pavimentos existentes e qualidade do mesmo aferido pelo IRI durante o percurso completo.

No trajeto sentido Vale Machado – UFSM, existe a interferência de 3 tipos diferentes de pavimentação, sendo eles: Pavimentação asfáltica (Figura 8), Pavimentos com paralelepípedos (Figura 9 e Figura 11) e Pavimentos em concreto (Figura 10).

Figura 8 - Pavimentação asfáltica (Avenida Rio Branco)



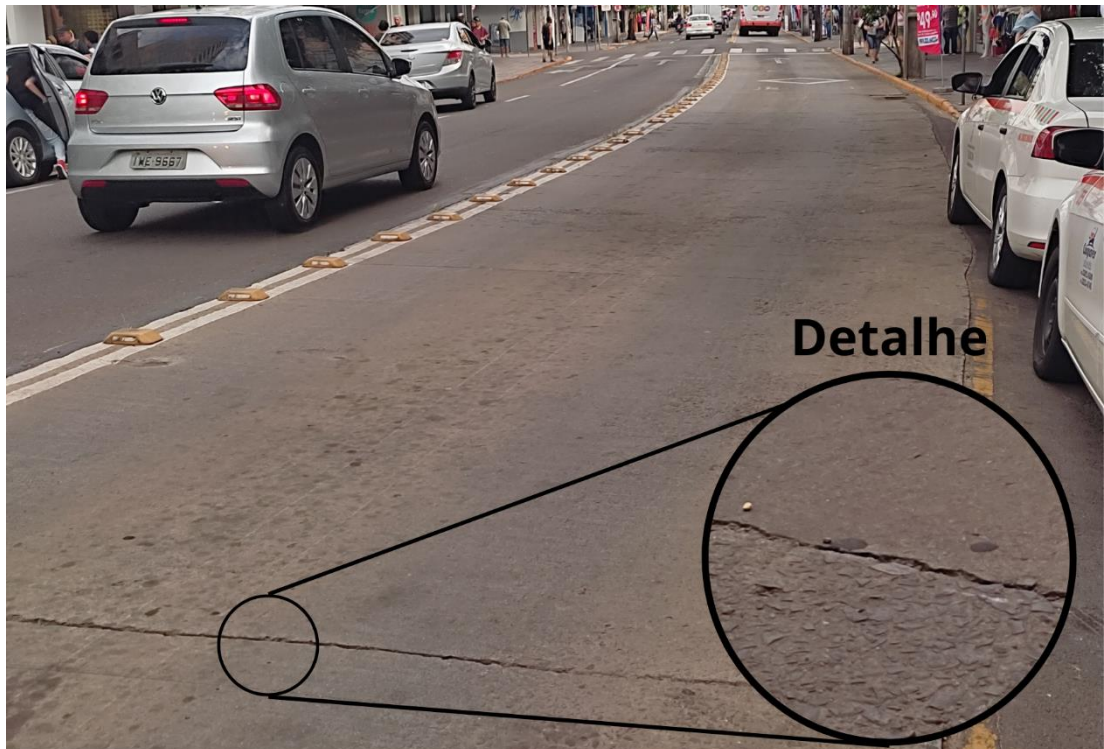
Fonte: Autor

Figura 9 - Pavimentação em paralelepípedos (Av. Rio Branco)



Fonte: Autor

Figura 10 - Pavimentação em CCP (Rua do Acampamento)



Fonte: Autor

Figura 11 - Pavimentação em paralelepípedo (UFSM)

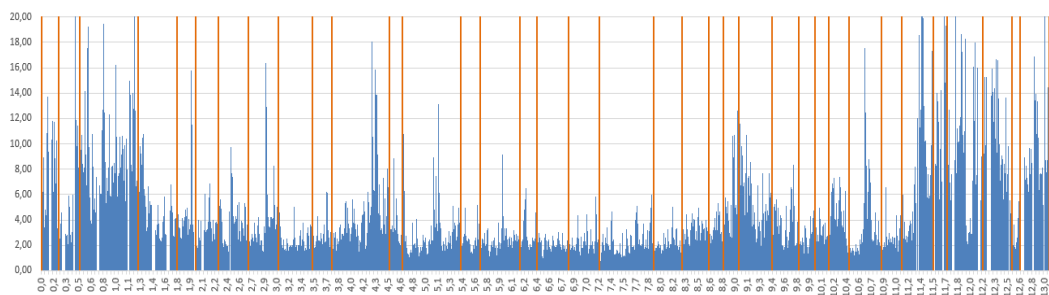


Fonte: Autor

Como primeiro passo da pesquisa de campo propriamente foi utilizado o perfilômetro inercial do Grupo de Estudos e Pesquisas em Pavimentação e Segurança Viária (GEPPASV) da UFSM para percorrer todo o trajeto, tanto no sentido Vale Machado – UFSM quanto no oposto, equipado com o perfilômetro inercial existente no grupo de pesquisa.

Esse levantamento resultou em uma série de dados de IRI medidos a cada 10 metros pelo equipamento nos 13 quilômetros do trajeto o que resultou em um diagrama unifilar como o representado pela Figura 12 na cor azul. As linhas laranjas no gráfico mostram pontos onde estão localizadas as paradas do transporte público no percurso que totalizam 37 no fim do trajeto.

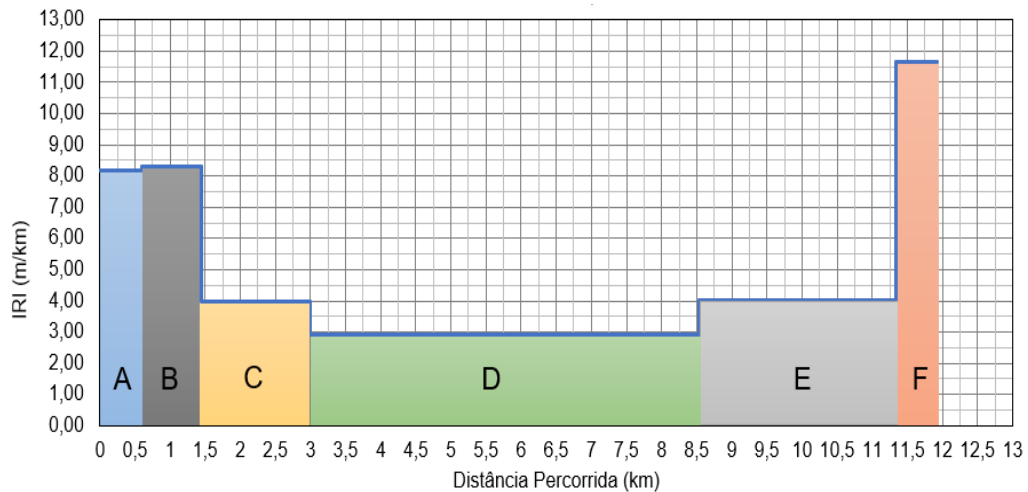
Figura 12 - Diagrama unifilar (Vale Machado - UFSM)



Fonte: Autor

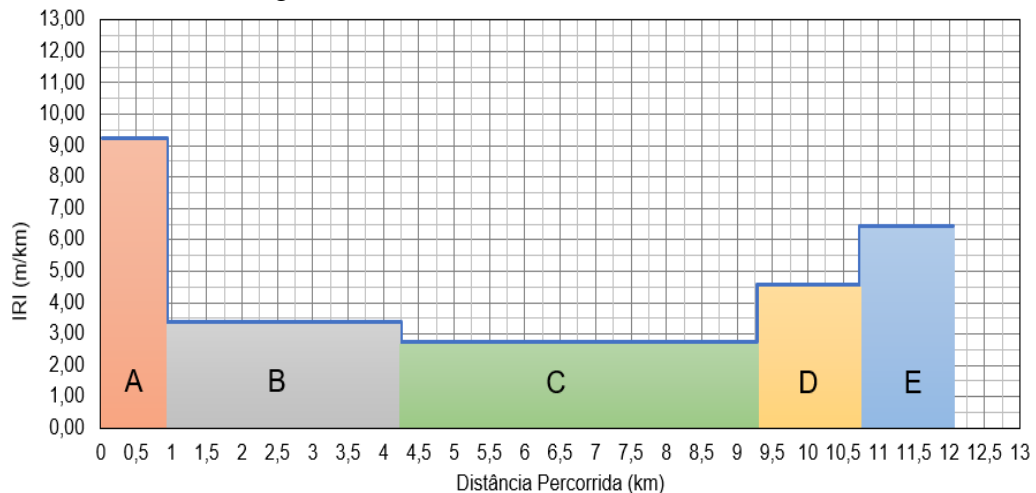
Com esses dados, que foram obtidos previamente a pesquisa, foi possível a subdivisão do trajeto total em 6 segmentos no sentido Vale Machado – UFSM e 5 segmentos no sentido UFSM – Vale Machado. O agrupamento dos trechos foi feito levando em conta a média dos IRI em trechos com pavimentação similar contínua. O resultado obtido pode ser verificado pela Figura 13 e Figura 14

Figura 13 - IRI médio (Vale Machado - UFSM)



Fonte: Autor

Figura 14 - IRI médio (UFSM - Vale Machado)



Fonte: Autor

### 3.2 COLETA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DE CONFORTO COM A METODOLOGIA CSAT

Nessa segunda etapa o objetivo foi conseguir o envolvimento de um número suficiente de voluntários para o tratamento dos dados e posterior análise. Para isso, entrou-se em contato

com acadêmicos da UFSM para que auxiliassem na obtenção desses resultados e nesse primeiro ponto de contato já foi explicado o objetivo do estudo e repassado as orientações necessárias.

Os voluntários foram dispostos sentados no veículo e em posse de um formulário de avaliação CSAT desenvolvido no “*google forms*” com as subdivisões do trajeto e pontos de referência para melhor se situarem durante a viagem como apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Exemplo de formulário para avaliação subjetiva individual

T1: Vale Machado -> Sinaleira Venâncio Aires \*

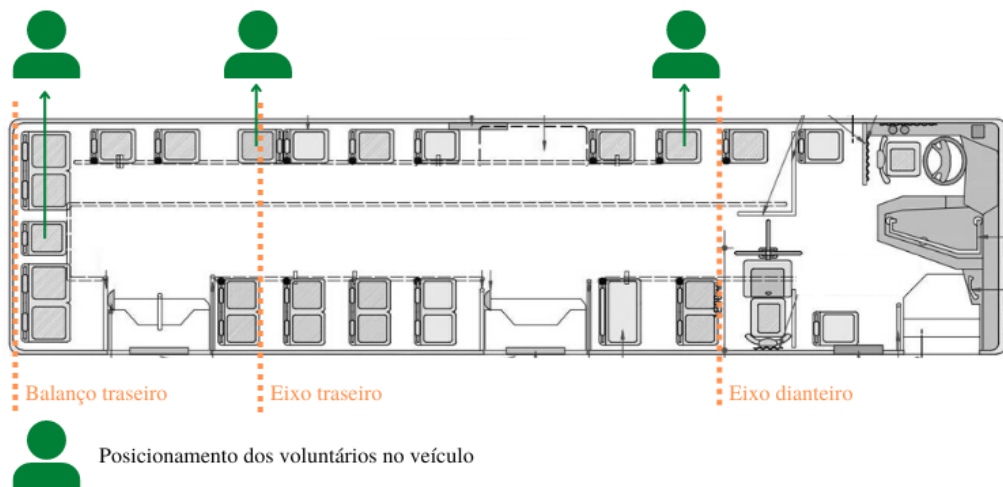
Responda marcando de 1 a 10 o quanto você se sente CONFORTÁVEL levando em conta as CONDIÇÕES DA RUA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Fonte: Autor

Os candidatos selecionados para preenchimento do formulário de avaliação foram posicionados em locais já previamente determinados do veículo e pode ser verificada na Figura 16. Dessa forma será possível analisar o conforto obtido em vários pontos e abre possibilidade para uma série de análises distintas.

Figura 16 – Posição dos voluntários no veículo



Fonte: Autor

Com esse formulário de avaliação em mãos o veículo iniciou seu percurso normalmente enquanto os voluntários se atentaram às orientações que foram recebidas para responder o tópico em questão. É importante ressaltar que as avaliações foram feitas enquanto o veículo estava em movimento e também passando pelo trecho que será respondido na sequência para garantir maior confiabilidade nas respostas obtidas.

Ao todo foram realizadas 18 viagens somando o sentido “Vale Machado – UFSM” e “UFSM – Vale Machado” em que durante sua duração houve voluntários respondendo suas percepções sobre o conforto do pavimento existente.

Vale ressaltar que durante as viagens obteve-se resultados oriundos de diferentes situações de lotação e que podem variar de acordo com o modelo do ônibus que foi utilizado pelos participantes em cada viagem individualmente visto que não foi possível a padronização desses itens no momento.

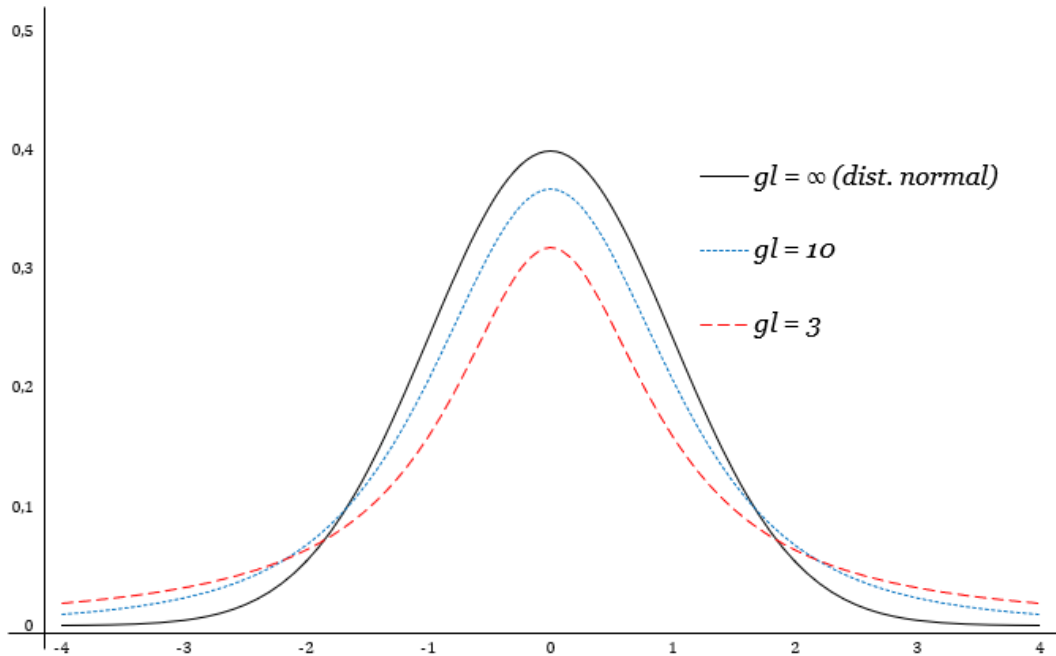
### 3.3 TABULAÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

#### 3.3.1 Obtenção de intervalos de confiança

Após a aquisição dos dados um passo importante para que se tenha uma constância de resultados é a elaboração de formas para validar os dados de diferentes coletas. Uma das metodologias encontradas foi a utilização de uma curva de função densidade de probabilidade do tipo “*T de Student*”. A escolha dessa curva em questão foi o fato de possuir a mesma forma de sino de uma distribuição normal, contudo com curvas mais alargadas quanto menor for o

valor da amostra “n” como mostra a Figura 17. Dessa forma, como obtemos uma amostra consideravelmente pequena essa seria a mais correta para a idealização dos dados.

Figura 17 – Comparação entre a distribuição T de student e a distribuição normal



Fonte: <https://proeducacional.com>

Para a utilização da distribuição em questão foi utilizada uma tabela em que é relacionado o grau de significância, representada na Tabela 4, que por sua vez é a probabilidade de um determinado valor estar compreendido dentro de certos limites da função densidade de probabilidade, e os graus de liberdade da amostra, calculado utilizando a Equação 4.

$$gl = n - 1 \quad (4)$$



Tabela 4 – Distribuição T de Student

<b>Unicaudal</b>	<b>75%</b>	<b>80%</b>	<b>85%</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>	<b>97,50%</b>	<b>99%</b>	<b>99,50%</b>
<b>Bicaudal</b>	<b>50%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>80%</b>	<b>90%</b>	<b>95%</b>	<b>98%</b>	<b>99%</b>
<i>gl</i>								
<b>1</b>	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,710	31,820	63,660
<b>2</b>	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
<b>3</b>	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
<b>4</b>	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
<b>5</b>	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
<b>6</b>	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
<b>7</b>	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
<b>8</b>	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
<b>9</b>	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
<b>10</b>	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
<b>11</b>	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
<b>12</b>	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
<b>13</b>	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
<b>14</b>	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
<b>15</b>	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
<b>16</b>	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
<b>17</b>	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
<b>18</b>	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
<b>19</b>	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
<b>20</b>	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
<b>21</b>	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
<b>22</b>	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
<b>23</b>	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
<b>24</b>	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
<b>25</b>	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
<b>26</b>	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
<b>27</b>	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
<b>28</b>	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
<b>29</b>	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
<b>30</b>	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
<b>40</b>	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
<b>50</b>	0,679	0,849	1,047	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
<b>60</b>	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
<b>80</b>	0,678	0,846	1,043	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639
<b>100</b>	0,677	0,845	1,042	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
<b>120</b>	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
<b>∞</b>	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576

Fonte: <https://proeducacional.com>

A expressão que representa os limites superior e inferior do intervalo de confiança podem ser descritas como:

$$Lim_{sup} = Xm + Z * S \quad (5)$$

$$Lim_{Inf} = Xm - Z * S \quad (6)$$

Onde:

Xm = média da amostra

Z = Fator de correlação da distribuição T de Student

S = Erro padrão da amostra

A verificação dos intervalos de confiança foi realizada para cada conjunto de dados de cada trecho separadamente e sem o expurgo total do voluntário do estudo devido a pequena amostragem. O processo consistiu em avaliar as notas atribuídas pelos voluntários para cada um dos trechos e desenvolver um intervalo de confiança para cada trecho em questão, calculando para isso: desvio padrão, média e o erro padrão de cada trecho individualmente com base nas respostas dos voluntários. Esses dados correspondem a Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 5 – Intervalo de confiança no sentido Vale Machado - UFSM

	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>	<i>T6</i>
<i>DP</i>	2,0	1,6	1,3	1,1	1,2	2,0
<i>M</i>	5,8	6,6	7,4	7,6	7,0	4,9
<i>M + 1*DP</i>	7,8	8,2	8,7	8,7	8,2	6,9
<i>M – 1*DP</i>	3,8	5,0	6,1	6,5	5,8	2,9
<i>EP</i>	0,6	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6
<i>LIM SUP</i>	7,2	7,8	8,3	8,4	7,9	6,3
<i>LIM INF</i>	4,4	5,4	6,5	6,8	6,1	3,5

Fonte: Autor

Tabela 6 - Intervalo de confiança no sentido UFSM – Vale Machado

	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>T5</i>
<i>DP</i>	1,7	1,4	1,1	1,5	1,8
<i>M</i>	4,6	7,0	6,9	6,9	5,6
<i>M + 1*DP</i>	6,3	8,4	8,0	8,3	7,4
<i>M – 1*DP</i>	2,9	5,6	5,7	5,4	3,9
<i>EP</i>	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6
<i>LIM SUP</i>	6,0	8,1	7,8	8,0	7,0
<i>LIM INF</i>	3,3	5,9	6,0	5,7	4,2

Fonte: Autor

Onde:

DP – Desvio padrão

M – Média

EP – Erro padrão

LIM SUP – Limite superior do intervalo de confiança

LIM INF – Limite inferior do intervalo de confiança

Com isso, valores atribuídos pelos voluntários que se enquadravam foram dos limites calculados pelas Equação 5 e Equação 6 e apresentados nas Tabela 5 e Tabela 6 foram descartados apenas para o intervalo em questão pois não condiziam com a tendência do grupo como um todo mas foram utilizados em pontos onde atendiam os limites de tendência do grupo como um todo. Um tratamento mais adequado para os dados também poderia ser o expurgo do indivíduo da amostra como um todo quando se detectasse uma extrapolação de limites em qualquer ponto do estudo. Porém, como o número de amostragens obtidas para esses dados foi pequena não foi possível utilizar esse critério mais rígido de seleção.

### 3.3.2 Teste de Pearson e P-Value

Uma das maneiras de verificar o quanto uma variável se relaciona com outra é utilizando o coeficiente de correlação de Pearson. Sendo esse um teste que mede a relação estatística entre duas variáveis contínuas. Dessa forma, é possível verificar se a relação entre os coeficientes associados é linear. O valor obtido no teste pode variar de -1 até 1, sendo que valores próximos de 0 indicam que os dados analisados não mantem uma relação linear de dependência.

A Equação 7 representa o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson.

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_X * Z_Y}{N} \quad (7)$$

Conforme Cohen (1988), podemos dividir os valores obtidos no teste de Pearson em 3 grupos. O primeiro de correlação fraca indo de 0,1 até 0,29, o segundo com uma correlação mediana entre 0,3 até 0,49 e o terceiro representando uma correlação forte com valores superiores a 0,5.

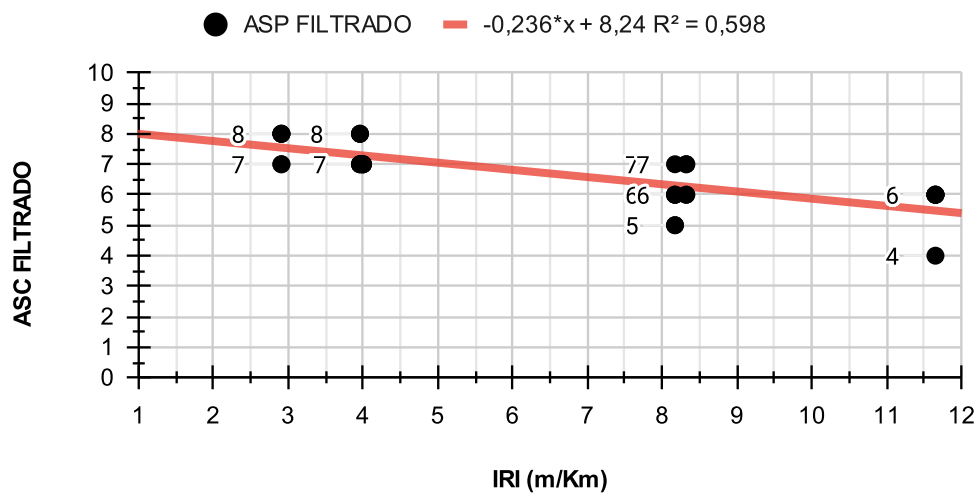
Outro teste importante para a verificação se a hipótese da correlação entre duas variáveis está correta é o P-Value. Para validar a hipótese utilizando esse método devemos obter um resultado inferior à 0,05 (considerando que atribuímos uma probabilidade de 95% ao intervalo de confiança).

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE

### 4.1.1 Correlação entre a avaliação subjetiva e o IRI

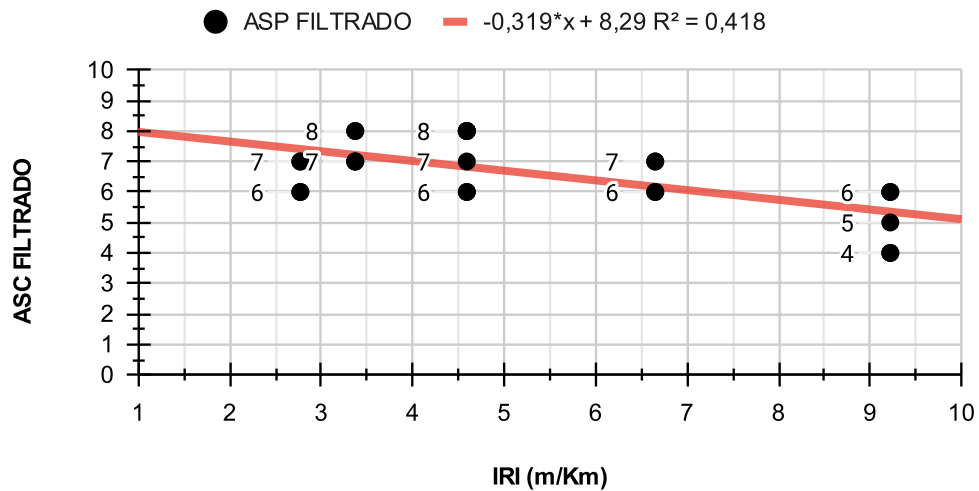
Um dos principais objetivos do trabalho é a comparação entre as avaliações subjetivas de conforto do usuário (ASC) com o índice de irregularidade longitudinal (IRI). Para isso, os valores que não foram expurgados pela delimitação do intervalo de confiança foram plotados em um gráfico de dispersão que correlaciona o IRI, que também foi levantado para cada trecho em ambos os sentidos, no eixo X e a avaliação subjetiva de conforto (representada pelo CSAT do usuário) no eixo Y da forma que está representado abaixo como mostra a Figura 18, Figura 19 e Figura 20. Também foi proposta uma regressão linear utilizando o software Excel de forma a tentar representar os pontos plotados por uma função linear.

Figura 18 - Gráfico IRI x ASC no trajeto Vale Machado - UFSM



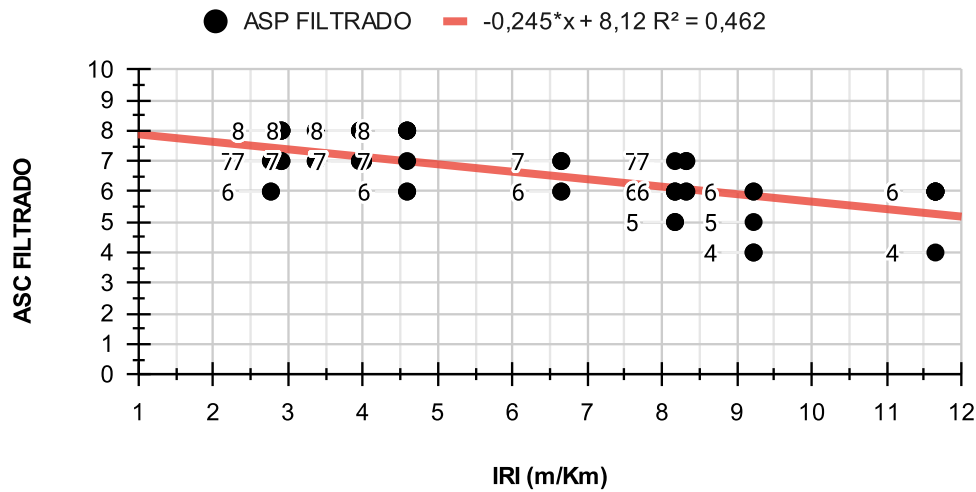
Fonte: Autor

Figura 19 - Gráfico IRI x ASC no trajeto UFSM - Vale Machado



Fonte: Autor

Figura 20 - Gráfico IRI x ASC no trajeto completo



Fonte: Autor

Com os gráficos em questão o principal resultado que pode ser analisado é a dependência de ambas as variáveis. A equação apresentada na imagem não é apropriada para a obtenção de valores precisos de avaliações subjetivas de conforto visto que o coeficiente de determinação  $R^2$  obtido foi na situação mais favorável de 0,59. Algumas questões podem ser levantadas para tentar explicar um coeficiente de determinação baixo. A primeira delas é a questão de que as viagens foram feitas em sua maioria por veículos diferentes e em situações de trânsito também não controladas. A segunda é que nesse primeiro momento a análise dos dados foi feita considerando toda a amostra e os dados apresentados são resultado de avaliações de voluntários que estavam sentados em posições diferentes do veículo, como sobre o eixo frontal, eixo traseiro e balanço traseiro por exemplo. E por último uma questão que acaba sendo bem relevante quando se trata de pesquisas de opinião públicas é o tamanho da amostra utilizada, nesse caso, em uma situação mais apropriada e com um número de respostas maior, acima de 40 respostas por viagem, os dados já poderiam ser tratados como representativos sobre o comportamento da população. Mesmo com as limitações que foram sendo observadas durante a elaboração do estudo destaca-se também a questão de trazer novas oportunidades para futuras pesquisas que possam vir a complementar melhor esse tema e trazer maiores avanços no futuro com maior controle de dados e com isso, maior qualidade e precisão.

#### 4.1.2 Verificação de dependência entre as variáveis pelo coeficiente de Pearson

Para a os resultados desses cálculos foi utilizada a plataforma online “JAMOVI”, visto que realiza de maneira simultânea os cálculos de ambos os coeficientes com um número grande

de valores de forma mais prática. Esse teste foi feito somente para os dados que estão demonstrados anteriormente na Figura 18, Figura 19 e Figura 20.

Tabela 7 - “R de Pearson” e “P-Value” para o trajeto Vale Machado - UFSM

Teste de correlação entre ASC e IRI	
R de Person calculado	-0,773
P - Value	<0,001

Fonte: <https://www.jamovi.org/cloud.html>

Tabela 8 - “R de Pearson” e “P-Value” para o trajeto UFSM - Vale Machado

Teste de correlação entre ASC e IRI	
R de Person calculado	-0,647
P - Value	<0,001

Fonte: <https://www.jamovi.org/cloud.html>

Tabela 9 - “R de Pearson” e “P-Value” para o trajeto completo

Teste de correlação entre ASC e IRI	
R de Person calculado	-0,680
P - Value	<0,001

Fonte: <https://www.jamovi.org/cloud.html>

Observando os resultados obtido, pode-se dizer que as variáveis ASC e IRI possuem uma relação inversamente proporcional de 0,773 no sentido Vale Machado – UFSM, de 0,647 no sentido UFSM – Vale Machado e de 0,680 se considerarmos o percurso completo como amostragem. Todos os resultados indicam uma correlação forte entre as duas variáveis uma vez que são superiores a 0,5.

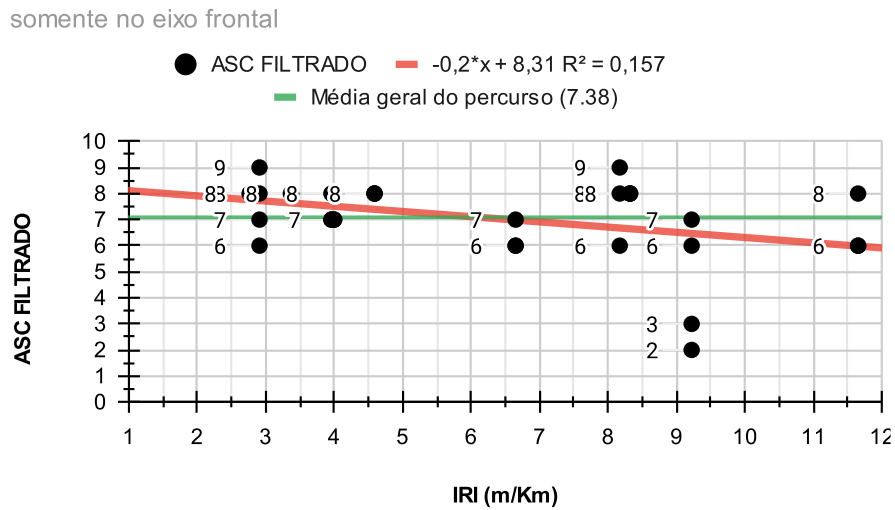
#### 4.1.3 Separação por posição no veículo

Com o objetivo de explicar a divergência mencionada entre as respostas dos avaliadores em uma mesma viagem, foi separado as notas CSAT para as diferentes posições do veículo. Sendo elas: Eixo frontal, Eixo traseiro e balanço traseiro e foram obtidos os seguintes resultados plotados utilizando um gráfico de dispersões e utilizando da mesma forma que os dados anteriores o sistema de filtragem baseado nos limites superior e inferior do intervalo de

confiança dos dados tratados em questão. A diferença dessa análise se dá pelo agrupamento dos dados de forma que se visualize a interação entre posicionamento do passageiro, conforto subjetivo do usuário e IRI.

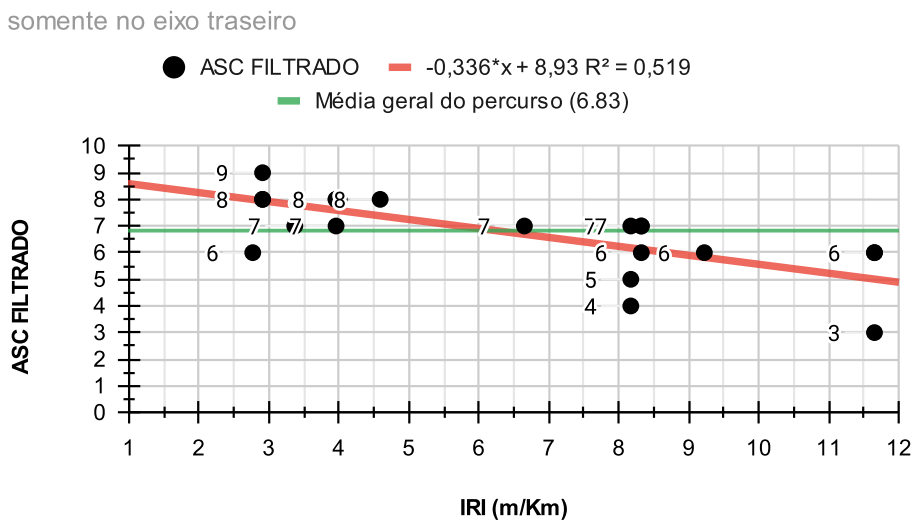
Os resultados obtidos estão demonstrados na Figura 21, Figura 22 e Figura 23 plotadas a partir do trajeto completo abaixo. Com o seguinte agrupamento alguns dos gráficos acabam ficando com um grande número de pontos e como forma de tornar a visualização e interpretação dos resultados mais objetiva e prática também foi plotada uma reta que simboliza a média das notas atribuídas pelos passageiros na posição especificada. Dessa forma é possível ter um parâmetro de apoio para a apresentação dos resultados que torna a compreensão mais fácil em um primeiro contato.

Figura 21 – IRI x ASC apenas do eixo frontal do veículo



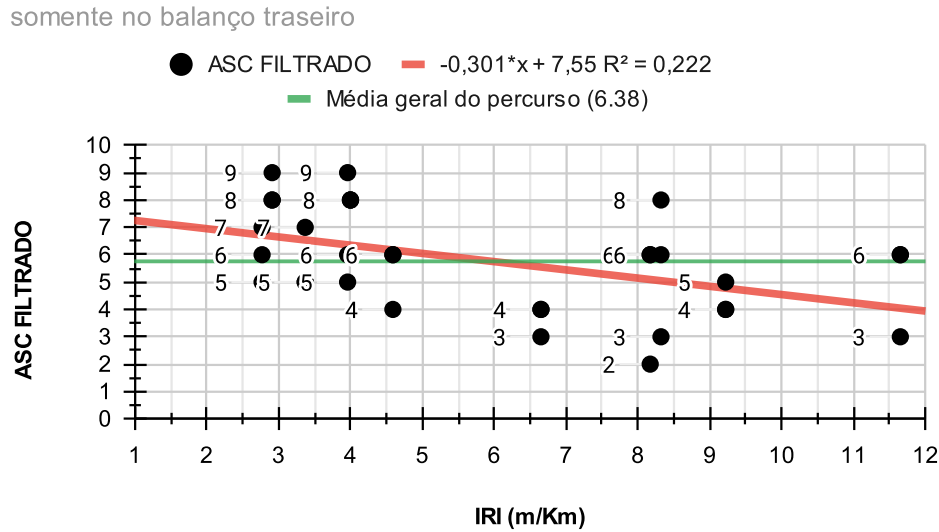
Fonte: Autor

Figura 22 - IRI x ASC somente do eixo traseiro



Fonte: Autor

Figura 23 - IRI x ASC somente do balanço traseiro



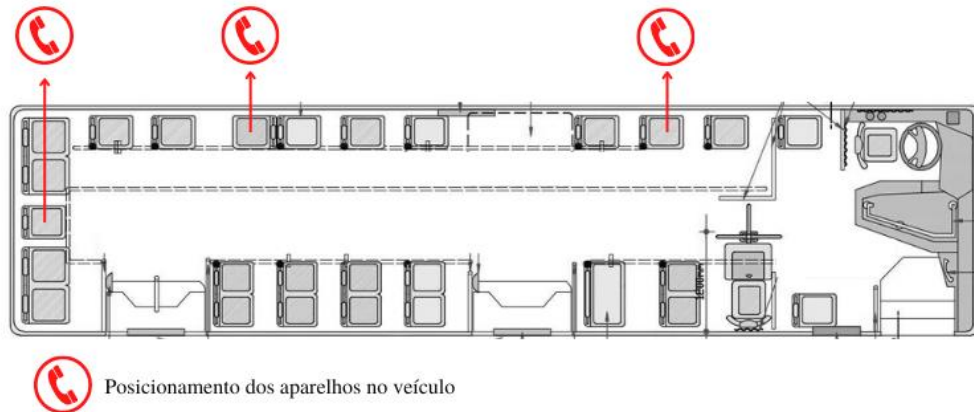
Fonte: Autor

É possível averiguar que mesmo com a utilização de uma metodologia de tratamento dos dados a dispersão dos resultados ainda é uma variável que tem outras questões além da própria percepção pessoal do usuário. Questões como condições da pista, trânsito e lotação também acabam por influenciar os resultados e como esses são referentes a diversas coletas o tratamento deixou os dados mais confiáveis para as condições em que se encontravam, porém quando é feita uma análise geral nota-se que para um mesmo ponto de IRI existe uma variação considerável nas notas atribuídas para a percepção de conforto. Essa questão auxilia a compreender que não apenas fatores relacionados a condição do pavimento afetam a percepção de conforto, mas também causas terceiras ocorridas ou existentes durante o trajeto. A causa dessa diferença de resultados não foi aprofundada nesse momento, mas uma teoria é que o tipo do veículo utilizado para esses testes acaba por influenciar a percepção de conforto dependendo da posição que o usuário se encontra. Outra questão que pode influenciar o comportamento do veículo e por consequência a percepção de conforto obtida pelos usuários é a lotação do veículo e o próprio modelo adotado pela companhia de transportes para sua frota e as acelerações verticais sentidas pelos usuários em pontos específicos do veículo

Concomitantemente à essa pesquisa também foi realizado levantamentos utilizando smartphones na mesma rota e posicionando os equipamentos no eixo frontal, eixo traseiro e balanço traseiro. A disposição executada para os testes está apresentada na Figura 24. Esses levantamentos serão utilizados para compor outro trabalho de conclusão de curso da UTFPR-PB.



Figura 24 – Posição dos smartphones no veículo



Fonte: Autor

Com o aplicativo “UTFPR-PB – USP” foi possível coletar as acelerações médias nos locais onde os dispositivos eram posicionados. Pra isso foi necessário realizarmos cerca de 15 viagens portando os aparelhos em um suporte e sentando assim nos locais do veículo onde fosse pertinente a coleta das acelerações. O suporte que foi utilizado pode ser visualizado na Figura 25.

Figura 25 – Suporte para levantamento de dados com smartphones

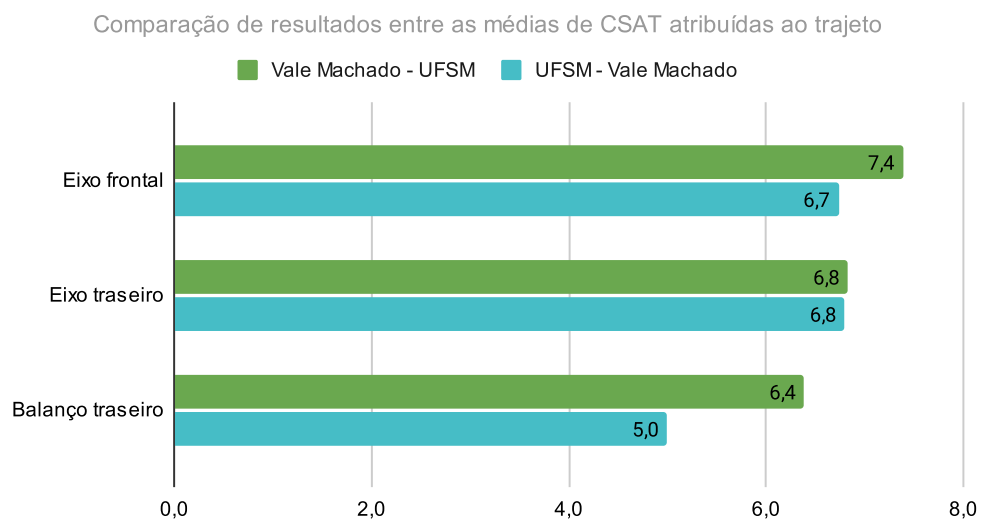


Fonte: Autor

Após a obtenção das acelerações dos smartphones, observa-se que os resultados demonstram ser inversamente proporcionais aos das notas coletadas pelos formulários de percepção de conforto subjetiva. As acelerações possuem grande amplitude dependendo do

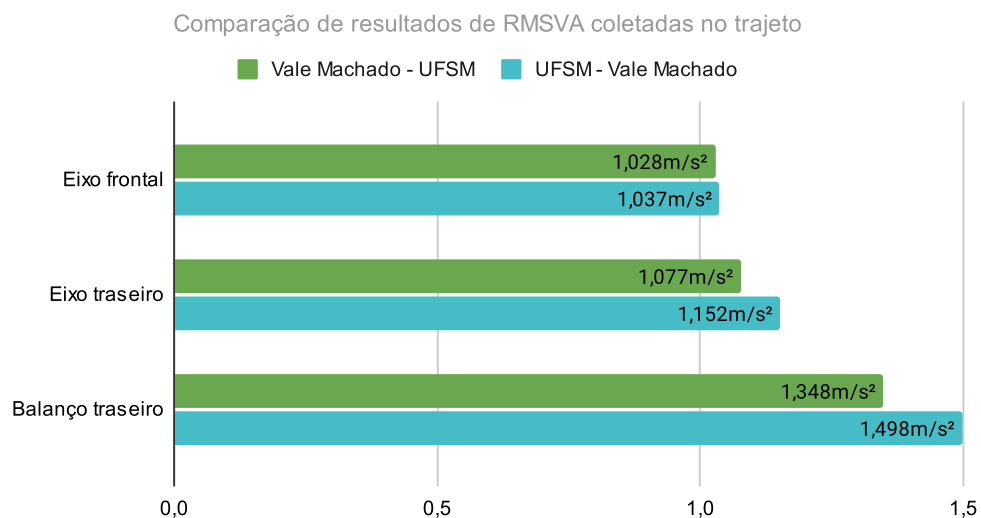
local da coleta, tendem a resultados maiores quando a posição dos aparelhos está mais ao fundo do veículo, enquanto tendem a ser menores quando é adotado como ponto de coleta posições mais ao fundo. Esse comportamento já era esperado durante o levantamento dos dados, mas com os resultados em mãos se torna mais concreto para comparações e possivelmente uma tentativa de correlação também utilizando as acelerações no futuro. A visualização dos resultados de avaliação subjetiva com as acelerações encontra-se na Figura 26 e Figura 27 apresentadas abaixo.

Figura 26 – Comparação de médias de conforto atribuídas por posição no veículo



Fonte: Autor

Figura 27 - Comparação de RMSVA por posição no veículo



Fonte: Kátia Eloísa da Rocha (UTFPR-PB)

## 4.2 PONTOS DE ATENÇÃO SOBRE OS RESULTADOS ENCONTRADOS

### 4.2.1 Amostragem

Os voluntários que participaram desse estudo foram convidados para avaliar o trajeto Vale Machado – UFSM e UFSM – Vale Machado sem nenhum tipo de seleção previa. Desse modo, todos receberam a mesma orientação e nenhum treinamento prévio sobre defeitos de pavimentos ou vibrações. O objetivo foi a atribuição de uma nota realmente subjetiva e que por decorrência disso pode estar relacionada com alguns fatores externos aos apresentados nesse estudo.

O número total de coletas de avaliação subjetiva foi de 19 respostas devido a dificuldade de encontrar um maior número de voluntários para os testes. Esse número de respostas também culmina para que as equações apresentadas não funcionem muito efetiva e sirvam apenas como uma linha de tendência de relacionamento entre os resultados.

### 4.2.2 Veículos e lotação

Nessa pesquisa não foi feito nenhum tipo de parceria com as empresas responsáveis pelo transporte público no município de Santa Maria nem foram utilizados veículos próprios para os levantamentos. Dessa forma, todas as avaliações foram feitas em veículos diferentes e cada um contendo uma lotação também não controlada que foi apenas anotada no momento do deslocamento. Dito isso, tanto para os resultados de avaliação subjetiva de conforto (ASP) quanto para as acelerações verticais (RMSVA) os resultados encontrados podem ser diferentes se os testes forem realizados novamente com o controle desses parâmetros.

## 5 CONCLUSÕES

Realizar o acompanhamento da qualidade dos pavimentos existentes a fim de acompanhar quando for necessário realizar alguma intervenção não é uma tarefa fácil pois acaba por exigir preparação grande e também custos elevados. Dito isso, é possível que sejam adotadas práticas que ao menos resultem em alertas para pavimentos onde o estado está mais desgastado ou que a execução não foi feita da maneira adequada. Quando se olha para o panorama do transporte público existe uma vantagem grande para isso que é o grande número de passageiros que utilizam desse meio de locomoção diariamente para fins de trabalho, estudos ou lazer. Por isso, trazer métricas já utilizadas por grandes empresas para medir o quão efetivo seus produtos, como CSAT e NPS, estão sendo pode ser uma solução viável não para determinar com exatidão a complexidade do problema, mas para serem utilizados como alertas para apontar zonas onde as avaliações forem mais críticas e subsequentemente realizar os testes mais adequados para medir o nível de degradação e com isso especificar o tratamento compatível para cada via especificamente.

### 5.1 RELAÇÃO ENTRE O IRI E A AVALIAÇÃO SUBJETIVA DE CONFORTO

De acordo com os resultados obtidos pelas avaliações subjetivas coletadas em função do IRI de cada segmento do trecho pode-se perceber uma tendência de resultados. Essa tendência indica que tanto a avaliação subjetiva dos passageiros é menor quando o IRI levantado no trecho tem valores altos, mas também que a posição do próprio passageiro no veículo de transporte público também tem influência sobre sua percepção de conforto da viagem. Vale ressaltar que devido a amostragem pequena de voluntários os valores das equações obtidas para IRI x ASC não devem ser levados como totalmente conformados, mas sim como uma maneira mais prática de perceber a relação inversamente proporcional entre as duas grandezas.

É importante ressaltar ainda que mesmo com os dados obtidos no momento pode-se perceber uma relação forte entre as duas grandezas, teste esse feito pelo coeficiente de Person onde apresentou resultados de até -0,77 o que demonstra uma proporcionalidade negativa entre os dois índices trabalhados.

## 5.2 RELAÇÃO ENTRE A AVALIAÇÃO DE CONFORTO E A POSIÇÃO DO PASSAGEIRO

Por outro lado, quando a amostragem é subdividida de acordo com a posição dos passageiros nos veículos nota-se que passageiros sentados no balanço traseiro tenderam a responder o questionário CSAT com médias inferiores aos voluntários que foram sentados em posições mais próximas a dianteira do veículo. Essa tendência se torna mais concreta quando coloca-se lado a lado as notas dos voluntários com as acelerações (RMSVA) apresentadas na Figura 26 e Figura 27 onde as acelerações verticais no balanço traseiro foram superiores às acelerações mais adiante do veículo, logo, pode-se presumir que o conforto do usuário também acaba sendo diretamente ligado a dinâmica que a própria estrutura do transporte em que se encontra e que acelerações maiores tendem a trazer maiores sensações de desconforto.

Pode-se destacar ainda que todos os dados utilizados para criar as correlações apresentadas foram obtidos com os passageiros sentados no transporte público e que os mesmos foram instruídos a avaliarem somente a questão do desconforto gerado pelo pavimento em si e desconsiderarem possíveis interferências causadas pelo motorista ou fatores externos como engarrafamentos, barulho e conforto devido a lotação.

## REFERÊNCIAS

- BISCONSINI, D. R. **Análise de fatores intervenientes na avaliação da condição funcional de pavimentos com smartphones.** 2020. Tese (Doutorado em infraestrutura de transportes) – Escola de engenharia de São Carlos da universidade de São Paulo, 2020.
- RODRIGUES, M. A., SORRATINI, J. A. **A qualidade no transporte coletivo urbano.** 2008. Universidade Federal de Uberlândia
- ANTUNES E. M., SIMÕES F. A. **Engenharia urbana aplicada: um estudo sobre a qualidade do transporte público em cidades médias.** 2013. Revista brasileira de gestão urbana.
- BISCONSINI, D. R.; Fernandes Júnior J. L. **Monitoramento de pavimentos com dispositivos móveis.** 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/1stpr2018.artcomp05p51-59>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- BORDIN, D. T. **Implantação, acompanhamento e análise de desempenho de trechos monitorados em Santa Maria - RS.** 2020. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2020.
- SILVA, L. S. **Avaliação funcional objetiva de pavimento flexível: Um estudo de caso da avenida Getúlio Vargas em São Luis - MA.** 2017. Monografia (Graduação no curso de engenharia civil) – Universidade Federal do Maranhão, 2017.
- BUENO, L. D. **Determinação do potencial destrutivo do eixo duplo direcional no dimensionamento de pavimentos flexíveis.** 2014. Monografia (Graduação no curso de engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, 2014.
- BARELLA, R. M. **Contribuição para avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais.** 2014. Tese (Doutorado) – Escola politécnica da universidade de São Paulo, 2008.
- CSAT e NPS no varejo: Qual aplicar na sua estratégia? - Blog Dito.** Disponível em: <https://blog.dito.com.br/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-que-e-csat-e-nps-no-varejo/>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- CSAT: o que é o Customer Satisfaction Score e como medir a satisfação do cliente?** Disponível em: <https://xgen.com.br/blog/csat-o-que-e-o-customer-satisfaction-score-e-como-medir-a-satisfacao-do-cliente/>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- DNIT Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: [https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/dnit009\\_2003\\_pro.pdf](https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/procedimento-pro/dnit009_2003_pro.pdf). Acesso em: 14 jan. 2023.
- ESPERIDIÃO, M.; TRAD, L. A. B. Avaliação de satisfação de usuários. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, n. suppl, p. 303–312, dez. 2005.

FIA; FIA. **Net Promoter Score (NPS): o que é, como aplicar e estudos de caso.** Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/net-promoter-score-nps/>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

NTU. Os grandes números da mobilidade urbana. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2023.

TELES, F. **Leia sobre: CSAT: Tudo sobre Customer Satisfaction Score.** Disponível em: <<https://deskmanager.com.br/blog/csat/#:~:text=O%20CSAT%20surgiu%20no%20fim,denominado%20American%20Customer%20Satisfaction%20Index.>>. Acesso em: 14 jan. 2023.

**The One Number You Need to Grow.** Disponível em: <<https://hbr.org/2003/12/the-one-number-you-need-to-grow?language=pt>>. Acesso em: 14 jan. 2023.