

# Revisão do Projeto

Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso I – BCC

Caro orientando,

segue abaixo a tabela de cálculo da média das notas obtidas no Pré-Projeto e Projeto, as DUAS revisões do seu projeto contendo a avaliação do professor “avaliador” e professor “TCC1”. Lembro que os ajustes indicados nestas revisões não precisam ser feitos no projeto, mas sim quando levarem o conteúdo do projeto para o artigo (se for o caso). Este material contendo todo o histórico das revisões é encaminhado para o professor de TCC2.

Atenciosamente,

Nome	PreProjeto										Projeto										Média			
	TCC1				Avaliador						Banca			TCC1				Avaliador						
	A	P	N	Nota	A	P	N	Nota	Ori.	Esp.				Nota	A	P	N	Nota	A	P		N	Nota	
CelioRodriguesJunior	14	2	0	16	9,58	13	2	0	15	9,56	10,00	10,00	10,00	16	0	0	16	10,00	15	0	0	15	10,00	9,9

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
( ) PRÉ-PROJETO	( X ) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TRÂNSITO DE BLUMENAU EM RELAÇÃO A ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Célio Rodrigues Junior

Prof. Aurélio Faustino Hoppe – orientador

### 1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia, carros e motocicletas ficaram relativamente baratos, tanto no Brasil quanto em outros países do mundo. Por outro lado, com o aumento da frota de veículos, escancara-se um dos grandes problemas das cidades, o congestionamento. Com base nesse problema, estudos científicos do fluxo de tráfego tiveram seu início na década de 1930 e se desenvolveram, através de várias teorias, o que compõe a teoria do fluxo de tráfego (GERLOUGH; HUBER, 1975).

Segundo Silva (1994), a teoria do fluxo de tráfego consiste na aplicação de conceitos da matemática, da teoria da probabilidade e da física à descrição do comportamento do tráfego veicular rodoviário. São estudados desde fluxos de tráfego vistos como meios indivisíveis até os menores elementos que os compõem (veículos) vistos individualmente.

Bas *et al.* (2007) destacam que são criadas constantemente várias ferramentas para simular ou analisar o trânsito e, um dos recursos mais utilizados são as câmeras de vídeo. As câmeras de vídeo foram introduzidas pela primeira vez no gerenciamento de tráfego para vigilância rodoviária, transmitindo imagens de circuito fechado de televisão a um operador humano para interpretação. Os sistemas de gerenciamento de tráfego atuais utilizam processamento de vídeo digital para analisar automaticamente a cena de interesse e extrair informações para monitoramento de tráfego.

De acordo com Zou *et al.* (2019), uma das formas de se converter imagens em dados de fluxos, é através de aprendizado de máquina, como por exemplo, utilizando algoritmos de detecção de objetos. A detecção de objetos é uma importante tarefa de visão computacional que é usada para detectar instâncias de categorias específicas de objetos visuais, como carros em imagens digitais. O objetivo da detecção de objetos é desenvolver modelos computacionais e tecnologias para fornecer uma das informações mais básicas necessárias para aplicações de visão computacional, que é quais objetos estão na cena e onde eles estão. Ainda segundo os autores, a detecção de objetos tornou-se amplamente usada em muitas aplicações práticas, como direção autônoma, visão de robô, vigilância por vídeo etc.

Segundo Zou *et al.* (2019), nos últimos anos, vários estudos foram realizados sobre o tráfego usando visão computacional e aprendizado de máquina. Grande parte dessas pesquisas tiveram como foco as principais cidades do mundo, como por exemplo Xangai, na China. Nessas metrópoles, por serem em países desenvolvidos e com mais recursos financeiros, já existem ferramentas de análise de tráfego, o que facilita a obtenção de dados e análises. Como exemplo de ferramenta, pode-se destacar o *Sydney Coordinated Adaptive Traffic System* (SCATS). Segundo a fornecedora, *NSW Government* (2021), SCATS é um sistema de controle de tráfego projetado para otimizar o fluxo de tráfego. Dados são processados em tempo real, através de algoritmos inteligentes, para ajustar o tempo para responder aos sinais de tráfego em situações inesperadas, prever padrões de tráfego e manter o fluxo de tráfego. Além disso, há também a Pumatronix que trabalha com pesquisa e desenvolvimento de soluções para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) que contribui para a mobilidade urbana e rodoviária, segurança, modernização das cidades, e fiscalização no trânsito (PUMATRONIX, 2021). Em contrapartida no Brasil, especialmente nas cidades não metropolitanas, não é fácil obter dados e ferramentas de análise. Ainda de acordo com Zou *et al.* (2019), no país, devido à dificuldade de acesso a essas ferramentas, é difícil analisar as interferências e os fatores que afetam o trânsito, o que torna difícil analisar e gerenciar o mesmo. Portanto, vê-se a necessidade de um sistema de análise de tráfego que possa contribuir para as decisões relacionadas ao tráfego com base em números quantitativos e estruturados de acordo com o que está ao seu redor em cenários regionalizados.

Diante deste contexto, esse trabalho se propõe a criar um modelo computacional que estabelece o comportamento do fluxo do trânsito de Blumenau. Nele, serão utilizadas técnicas de aprendizado de máquinas e visão computacional para coletar dados quantitativos sobre o trânsito de Blumenau. Assim como, também serão levados em consideração informações da região (comércios, escolas, densidade populacional etc.) em períodos espaciais e temporais distintos.

## 1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo disponibilizar um modelo computacional que seja capaz de estabelecer as relações básicas entre as variáveis de demanda, de oferta, de operação viária, de localidade e socioeconômicas de vias pré-cadastradas da cidade de Blumenau.

Os objetivos específicos são:

- realizar a detecção dos veículos utilizando técnicas de processamento de imagem e aprendizado de máquinas;
- criar uma base de dados unificada correlacionando os dados do fluxo do trânsito e informações socioeconômicas e da infraestrutura regional;
- classificar seções de estradas buscando evidências para estabelecer fatores que afetam o trânsito e os motivos de sua ocorrência.

## 2 TRABALHOS CORRELATOS

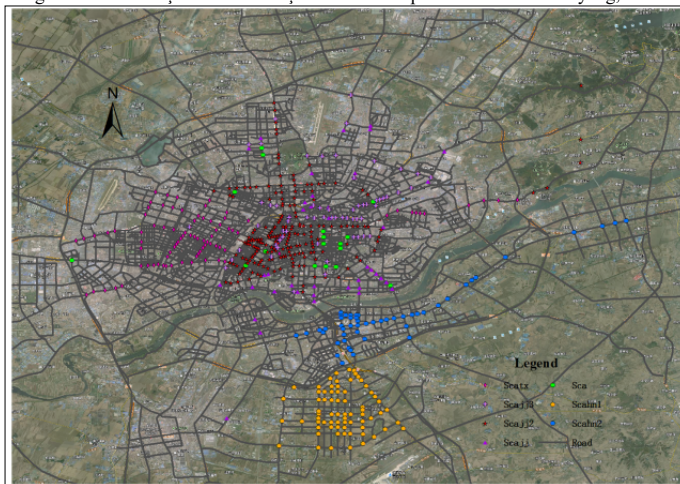
Nessa seção são apresentados três trabalhos correlatos semelhantes ao proposto. A seção 2.1 apresenta uma análise empírica sobre o trânsito de Shenyang, na China (Wang *et al.*, 2018). Na seção 2.2 é apresentado um método de avaliação de pontos de congestionamentos por meio sistema de informação geográfica (Zhang *et al.*, 2017a). Por fim, na seção 2.3 é investigado um padrão de congestionamento de 24 horas da rede rodoviária através da velocidade (Zhang *et al.*, 2017b).

### 2.1 ANALYZING URBAN TRAFFIC DEMAND DISTRIBUTION AND THE CORRELATION BETWEEN TRAFFIC FLOW AND THE BUILT ENVIRONMENT BASED ON DETECTOR DATA AND POIS

Wang *et al.* (2018) desenvolveram um método de análise empírica via *Sidney Coordinated Adaptive Traffic System* (SCATS) e dados ambientais para compreender as características de distribuição temporal e espacial de tráfego das cidades a fim de obter evidências empíricas para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano além de verificar o quão universais podem ser os resultados, aplicando uma análise semelhante para cidades europeias. Segundo o autor, SCATS é um sistema australiano de controle de tráfego em tempo real, que pode alterar o tempo dos semáforos de acordo com as mudanças no fluxo de veículos. Por meio dos dados lidos pelos detectores, o sistema pode responder às mudanças no fluxo do veículo ao longo do dia e se adaptar a eventos aleatórios, como dias chuvosos e feriados, sem a intervenção do operador. Essa adaptação funciona 24 horas por dia, 365 dias por ano. Junto com o SCATS, existe também um sistema estatístico denominado *SCATS Traffic Reporter*, que publica relatórios sobre as informações coletadas pelo sistema SCATS, como a quantidade de veículos durante o dia, para poder realizar pesquisas de gestão sobre estradas controladas pelo sistema.

Segundo Wang *et al.* (2018), as informações funcionais sobre a rede de tráfego rodoviário urbano foram obtidas do SCATS em Shenyang, na China, que é uma das maiores cidades na região nordeste da china tendo uma população automotiva de 1.46 milhões. Os sistemas SCATS da cidade tinham um total de 525 intersecções na área urbana principal da cidade, conforme mostra a Figura 7.

Figura 1– Distribuições de intersecção controladas pela SCATS em Shenyang, China



Fonte: Wang *et al.* (2018).

Considerando a regularidade dos padrões de viagens dos residentes, Wang *et al.* (2018) selecionaram de forma randômica dados de um cruzamento típico e a estrada de entrada oeste que liga esse cruzamento, durante uma semana (de 29 de julho de 2014 a 4 de agosto de 2014). Do ponto de vista do fluxo total, com exceção domingo (3 de agosto de 2014), a demanda de tráfego neste cruzamento foi relativamente estável, e o dia em que ocorreu o maior número de tráfego foi na sexta-feira (1 de agosto de 2014).

Segundo Wang *et al.* (2018), os principais fatores ambientais construídos que afetam o estado do tráfego ou os comportamentos de viagem podem ser divididos em fatores relacionados ao tráfego e ao uso do solo. Com isso, o detector geográfico foi introduzido para avaliar os parâmetros ambientais construídos que podem ser responsáveis pelo estado do tráfego rodoviário. Além de fatores ambientais, Wang *et al.* (2018) se utilizaram de outros fatores para determinar o fluxo do tráfego, como por exemplo, os fatores de tipo de rua, números de estações de ônibus em um segmento de 100 metros, proporção de área comercial, dentre outros.

Wang *et al.* (2018) observaram que os horários de pico durante o dia concentram-se principalmente no pico da manhã (07h00-09h15) e no pico noturno (16h15-18h15). A frequência de pico dos dois picos juntos foi responsável por 82,22% do horário de pico. A taxa de fluxo máxima de um dia ocorre principalmente durante o período de pico da manhã, sendo responsável por 62,54% do horário de pico. Além disso, os autores descobriram que o fluxo do tráfego urbano estava concentrado principalmente em algumas estradas. Cerca de 66% das estradas de pequeno e médio porte cobrem cerca de 38% do fluxo de tráfego, e 34% das estradas de médio e grande porte atendem a cerca de 62% do fluxo de tráfego. Os autores também observaram que, de maneira geral, o fluxo nos cruzamentos durante os horários de pico aumenta à medida que aumenta o número de faixas de entrada. No entanto, diferentes conjuntos de amostras mostram que quando o número de faixas de entrada é 14, a capacidade máxima de suporte de cada tipo de indivíduo é a melhor.

Wang *et al.* (2018) mencionam que, em termos da distribuição temporal da demanda de tráfego, os horários de pico de diferentes cruzamentos e vias são considerados heterogêneos, revelando a flexibilidade do tempo de deslocamento. Os principais picos de viagens são os picos da manhã e da noite. O maior horário de pico do dia é pela manhã, o que indica que os destinos e as rotas das pessoas mudam depois que saem do trabalho, causando menos carga de tráfego para as estradas. Portanto, os autores acreditam que horários e locais de trabalho flexíveis são uma forma eficaz de reduzir o número de veículos e melhorar as condições de tráfego. Além disso, existe uma correlação linear positiva significativa entre o número de faixas e o fluxo médio de tráfego de serviço. Quanto maior o número de faixas, seja em estradas ou em cruzamentos, maior o número de veículos atendidos. No entanto, o valor máximo do fluxo de tráfego revela a diferença nas capacidades do serviço. Tais resultados talvez só sejam válidos neste caso, por isso mais dados de outras cidades são necessários para explorar se existem regras universais, pois para Wang *et al.* (2018) seria interessante explorar o quão universais são suas descobertas, conduzindo uma análise semelhante para cidades europeias e outras, para que possam ter uma melhor compreensão dos sistemas de transporte urbano.

## 2.2 IMPACT ANALYSIS OF LAND USE ON TRAFFIC CONGESTION USING REAL-TIME TRAFFIC AND POI

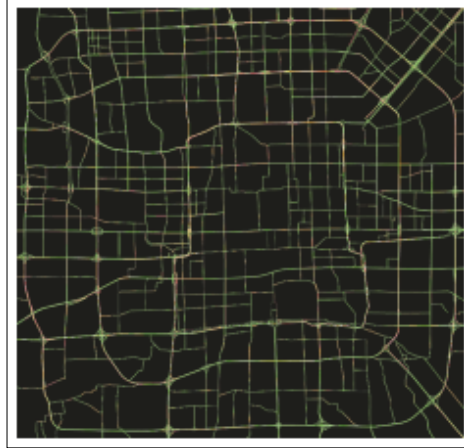
Zhang *et al.* (2017a) apresentaram um método de avaliação de pontos de congestionamentos por meio Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo uma alternativa eficaz frente aos modelos convencionais de quatro etapas que normalmente operam com base em dados de pesquisa individuais de alto custo, baixa precisão e baixa eficiência. Além disso, também não consideram informações geográficas, como as coordenadas de longitude e latitude, as categorias e as informações de localização específicas. Tendo o intuito de contribuir para a formulação de políticas de planejamento do uso do solo urbano, os autores exploraram a correlação entre o congestionamento do tráfego e diferentes atributos do uso do solo urbano, estabelecendo a evolução dos modelos geográficos do congestionamento do tráfego urbano.

Zhang *et al.* (2017a) tentaram obter uma melhor classificação das *Points Of Interest* (POI) de Pequim, que é uma boa representação do propósito de viagem dos residentes. Os resultados mostram que, trabalho, escola, compras, lazer e "ir para casa" são as principais razões para os residentes de Pequim viajarem, respondendo por cerca de 85% do volume total de viagens. Este estudo também extrai cerca de 90.000 POIs dentro do quarto anel viário em Pequim usando software web Crawler, que são robôs usado por buscadores para encontrar e indexar páginas de um site. Os dados do POI possuem quatro tipos de informações: nome, categoria, longitude e latitude. Através do processamento, as características do uso do solo são determinadas e a relação entre o congestionamento do tráfego e os diferentes tipos de uso do solo são identificadas. A quantificação do POI focou na área edificada, que é o principal indicador da cidade em fase de planejamento, e reflete de forma objetiva os atuais indicadores populacionais, de emprego, socioeconômicos e específicos de desenvolvimento regional. Devido ao grande número de POIs, não era prático usar-se de todos, portanto, os POIs foram selecionados aleatoriamente para investigação. Na pesquisa de campo realizada em maio de 2016, entre 58 e 67 pontos de interesse foram selecionados aleatoriamente para cada tipo de uso de terreno.

Além das POIs, Zhang *et al.* (2017a) utilizaram informações de mapas vindas de aplicativos de mapas. Os aplicativos de mapas usam as informações dos estados das estradas para navegar pelas estradas e planejar as

viagens dos motoristas. As imagens dos mapas nos motores de busca da web são compostas por diferentes camadas: camada inferior, camada do meio e a camada superior. Zhang *et al.* (2017a) utilizaram a camada superior que contém as informações de tráfego representadas nas cores vermelho, amarelo e verde. Os dados em tempo real foram coletados a cada 5 minutos, um total de 60 vezes por dia, no pico da manhã (7h00 às 9h30) durante a semana e no pico da noite (17h às 19h30), na primeira semana de março de 2016. A Figura 8 apresenta o resultado dos dados obtidos, onde as linhas em vermelho representam áreas de congestionamento, as linhas em amarelo representam trânsito normal e as linhas em verde representam trânsito suave.

Figura 2 – Esquema do tráfego rodoviário em tempo real no pico da manhã do dia útil



Fonte: Zhang *et al.* (2017a).

Depois de coletar os dados de tráfego em tempo real, Zhang *et al.* (2017a) transformaram manualmente os dados em vetores, armazenando-os em formato de camada *ShapeFile*, que é um formato de armazenamento vetorial digital usado para armazenar localização geométrica e informações de atributos relacionados. A partir disso, criou-se um programa escrito na linguagem de programação Python para avaliar os pixels e pontos discretos na camada vetorial com pigmento. O programa sobrepõe o tempo de congestionamento em um único horário acumulado durante cada período de pico da manhã/noite. Os autores usam o atributo de tempo de congestionamento para agrupar áreas congestionadas. Também é utilizado o método de interpolação para tornar o agrupamento razoável e mais próximo da situação real de todo o espaço. Zhang *et al.* (2017a) utilizaram regressão linear múltipla para determinar a relação entre o uso da terra e o congestionamento do tráfego. Neste caso, analisaram o tempo de congestionamento e a proporção de terra em cada área do cluster. As áreas selecionadas são cinco tipos de terrenos para residências, educacionais, comerciais, comerciais e de lazer. Como a variável dependente é ordenada e multi-classificada, a análise ordinal é realizada usando IBM SPSS *Statistics* 19.0, que é um serviço em nuvem que fornece recursos de análise estatística e disponibilidade.

Segundo Zhang *et al.* (2017a), os resultados mostram que o tempo de congestionamento está positivamente correlacionado com a proporção de terrenos empresariais, comerciais e educacionais. Isso ocorre porque as viagens nos picos de manhã e à noite durante a semana estão relacionados a ida à escola ou ao trabalho. Os autores descobriram que áreas com mais terrenos comerciais causarão sério congestionamento de tráfego, porque os moradores começam e terminam no mesmo horário (manhã e noite). Por outro lado, as áreas com uma proporção menor de terrenos comerciais são menos congestionadas porque os residentes têm tempos de viagem diferentes.

Zhang *et al.* (2017a) relatam que o método proposto é uma alternativa viável para analisar o congestionamento de tráfego a partir de dados de mapas online. Além disso, pode servir de orientação política, sendo uma referência para o planejamento do uso do solo urbano. Os autores ainda apontam que o modelo de regressão pode ajudar a prever e estimar a correlação entre o uso do solo e a intensidade do congestionamento, sem depender de modelos de tráfego mais complexos, como o método de tráfego de quatro etapas. Zhang *et al.* (2017a) também destacam que são necessários outros testes em outras áreas buscando determinar um padrão de relação entre os tipos de terreno e o congestionamento de tráfego.

## 2.3 ANALYZING SPATIOTEMPORAL CONGESTION PATTERN ON URBAN ROADS BASED ON TAXI GPS DATA

Zhang *et al.* (2017b) investigaram o padrão de congestionamento de 24 horas da rede rodoviária através da velocidade, usando agrupamento *Fuzzy C-mean* (FCM) para classificar seções de estradas problemáticas em contínuas de baixa velocidade ou congestionamento não convencionais. Os autores tinham como intuito averiguar a relação entre o congestionamento do tráfego e o ambiente construído, incluindo fatores relacionados ao tráfego e ao uso do solo.

Segundo Zhang *et al.* (2017b), a coleta de dados foi feita a partir dos dados obtidos pelos táxis de Xangai, que foi coletada em 10 de abril de 2015, uma sexta-feira de intenso tráfego. Os dados foram fornecidos pela *Qiangshen Company*, empresa que fornece serviços de transporte de táxi e minibus, em uma competição online de dados abertos. A base de dados tem 114.633.142 registros e o intervalo de tempo é de 30 segundos. O registro original incluía ID de táxi, status, hora do sinal recebido, hora do sinal medido, longitude, latitude, velocidade etc. Além disso, apenas as viagens de táxi ocupado foram utilizadas para geração de padrão de velocidade, porque um táxi vazio não refletiria as condições reais de tráfego causadas pela desaceleração para busca de passageiros, deslocamento ou redução do combustível durante o táxi vazio. Com foco no congestionamento de tráfego, considerando apenas as vias primárias e secundárias no centro de Xangai, um total de 853 trechos de estradas foram selecionados, que possuíam dados de tráfego e ambientais, representando os trechos com maior congestionamento durante a jornada de trabalho. Na preparação dos dados, Zhang *et al.* (2017b) descartaram alguns dos dados que não correspondem às estradas mais próximas em 15m, permanecendo imóveis por mais de 5 minutos, ou com velocidade acima de 120 km/h e desvio repentino de distância acima de 1 km/min. Trinta visitas por hora foram definidas como *threshold* para os segmentos, buscando evitar a propagação do erro.

Segundo Zhang *et al.* (2017b), se estabeleceu o padrão de velocidade a partir de 551 segmentos. A análise de *clustering* foi usada para agregar segmentos de estradas em grupos com base em padrões de velocidade. Inicialmente, o padrão de velocidade de cada segmento foi representado como um vetor de 24 dimensões. Um método de *soft clustering*, denominado *Fuzzy C-means* (FCM), faz com que os pontos de dados possam pertencer a vários clusters ao mesmo tempo por graus de associação, sendo mais preciso, de modo que os resultados do modelo numérico poderiam ser usados em métodos de regressão. Com isso, 4 clusters estão devidamente separados, o cluster 1 tem 235 objetos, o cluster 2 tem 177 objetos, o cluster 3 tem 107 objetos e o cluster 4 tem 32 objetos. O cluster 1 foi definido como uma “*Congested Segments*” com uma velocidade média de 22,58 km/h. Comparado com outros clusters, sua trajetória de velocidade é mantida em um nível baixo e a tendência é relativamente estável. A característica do cluster 2 é que a velocidade é média, com média de 29,51 km/h, representando a “*Normal Speed Segments*”. O cluster 3 pode ser considerado um estado crítico, exibindo mudanças e flutuações de velocidade mais altas durante os horários de pico, por isso é marcado como uma “*Unimpeded Segments*”. A velocidade média é 41,11 km/h, sendo 7 km/h mais alta do que o cluster 2, que é um valor relativamente pequeno. O limite de velocidade do segundo nível é 40 km/h. O cluster 4 é rotulado como “*High Speed Segments*”, com a maior velocidade média 61,63 km/h e o menor tamanho de amostra de 32.

Zhang *et al.* (2017b) analisaram 12 fatores que influenciam no tráfego, incluindo a distância até o hospital mais próximo, o número de estacionamentos a 500m e o número de escolas a 500m. O cluster FCM classifica as seções da estrada durante 24 horas, mas ainda é duvidoso se o tráfego e os fatores relacionados ao uso do solo têm um impacto significativo no congestionamento. O *Geographical detector* foi introduzido para julgar os parâmetros ambientais construídos. Os autores também utilizaram o *GLOBAL MORAN's I*, que mede a correlação espacial, testando se os objetos observados são semelhantes a objetos espacialmente vizinhos. Para o valor do intervalo *MORAN I*,  $I \in [-1, 1]$ ,  $I = 0$  significa independência espacial completa,  $I > 0$  significa correlação positiva e  $I < 0$  significa correlação negativa. O *I* de MORAN é calculado cluster a cluster. Segundo os autores, todos os valores *I* de MORAN foram maiores que zero. Dessa forma, o detector geográfico e o do *I* de MORAN comprovaram a influência desses fatores nos resultados de agrupamento e na similaridade espacial dos trechos rodoviários próximos. Portanto, segundo Zhang *et al.* (2017b), os modelos espaciais envolvendo autocorrelação espacial e sistemas multivariados mostraram-se mais adequados. No entanto, também aplicou-se um atraso espacial denominado *Seasonal Autorgressive Moving Average* (SARMA) para resolver dependências e erros de objetos mais próximos e com maior impacto.

Zhang *et al.* (2017b) destacam que no cluster 1, todos os fatores importantes mostram pressão de tráfego contínua. A estação rodoviária e os estacionamentos próximos também trouxeram um fluxo constante de tráfego. Para os segmentos de estradas pertencentes ao cluster 1, 55,1% das escolas são universidades ou escolas profissionais. Além disso, a demanda por hospitais é muito elevada, estimulando o fluxo de transporte particular e táxis. Pequenos centros, como estações de ônibus ou de logística, costumam ser acompanhados por congestionamentos de tráfego intenso. O cluster 2 tem uma forte tendência de tráfego de oscilação. Fatores importantes que contribuem para o fenômeno do deslocamento incluem efeitos comerciais do uso do solo, estações de metrô e escolas. No entanto, fatores de influência como pontos de ônibus, estacionamentos e hospitais próximos tornaram-se menos significativos e a velocidade média geralmente aumentou. Em segmentos de estrada mais longas geralmente significa menos controle de sinal, o que também é um fator chave. As seções de estradas no

cluster 3 são dominadas por estradas arteriais e fatores de interferência, como estações de ônibus e estacionamentos, diminuíram ou aumentaram, e a proporção de terreno para tráfego é extremamente alta. Para o cluster 4, a velocidade média dos principais objetos associados está próxima ao limite de velocidade de 60 km / h, e os fatores ambientais estabelecidos ao seu redor são semelhantes aos da periferia. Estações de ônibus de baixa densidade, estações de metrô e hospitais comprovam essa conclusão. De acordo com os resultados obtidos, Zhang *et al.* (2017b) apontam que a localização em relação ao anel rodoviário e a proporção de casas têm pouco efeito na formação de congestionamentos.

De acordo com Zhang *et al.* (2017b), embora os resultados sejam promissores, mais pesquisas são necessárias para melhorar o desempenho do modelo. Os autores também apontam que os dados de Global Position System (GPS) de táxi não cobriam toda a área de Xangai, limitando-se principalmente às áreas urbanas. Além disso, apenas um dia da semana foi analisado, sendo necessário a análise de vários dias. Já em relação ao processo de análise espacial, o modelo proposto não considerou a interação de fatores ambientais. Por fim, Zhang *et al.* (2017b) destacam a análise de curto prazo revelou algumas características importantes ou fenômenos óbvios que só aparecem durante os horários de pico.

3 PROPOSTA

Nessa seção são definidas as justificativas de elaboração desse modelo computacional, assim como os requisitos funcionais, não funcionais e a metodologia aplicada.

3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 5 é apresentado um comparativo dos trabalhos correlatos. As linhas representam as características e as colunas os trabalhos.

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos correlatos			
Trabalhos Correlatos Características	Wang <i>et al.</i> (2018)	Zhang <i>et al.</i> (2017a)	Zhang <i>et al.</i> (2017b)
Objetivo	Fornecer evidências empíricas para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano	Contribuir para a formulação de políticas de planejamento do uso do solo urbano	Averiguar a relação entre o congestionamento do tráfego e o ambiente construído
Origem da Base de Dados	Detectores e Câmeras de Trânsito	Web crawler	GPS de Taxis
Obtenção dos Dados	SCATS e POIs	SIG e POIs	Dados Taxi fornecidos pela <i>Qiangshen Company</i>
Forma de Agrupamento	Análise Empírica	Cluster <i>K-Means</i>	Cluster Fuzzy <i>C-Means</i>
Fatores de Agrupamento	Não se aplica	Padrões de velocidade	Tempo de congestionamento
Número de Fatores levados em consideração	12	5	12
Técnica de Análise	Empírica	Regressão linear múltipla, IBM SPSS <i>Statistics</i> 19.0	<i>Geographical Detector, GLOBAL MORRIS</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da Quadro 5, pode-se observar que Wang *et al.* (2018) tinham como objetivo fornecer uma base para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano. Zhang *et al.* (2017a) buscaram contribuir para a formulação do planejamento do uso do solo urbano. Já Zhang *et al.* (2017b) se concentraram em estudar a relação entre o ambiente construído e o congestionamento de tráfego. Wang *et al.* (2018) utilizaram as informações de detectores e câmeras de trânsito através dos SCATS, que é um sistema australiano de controle de tráfego em tempo real, que pode alterar o tempo dos semáforos de acordo com as mudanças no fluxo de veículos, utilizando os *Point Of Interest* (POIs) da cidade analisada. Zhang *et al.* (2017a) também utilizaram, os POIs, da cidade e um web Crawler, que capturam informações das páginas, para obter as informações desses pontos de interesse, e juntá-los com as informações do SIG, que conecta dados ao mapa e combina dados de localização com várias informações descritivas. Por outro lado, Zhang *et al.* (2017b) obtiveram os dados através da empresa *Qiangshen Company*, que fornece serviços de transporte de táxi e miniónibus e, ao qual, disponibilizaram informações do táxi, longitude e latitude e velocidade dos deslocamentos realizados durante 24h.

Em termos de tratamento dos dados, Wang *et al.* (2018) realizaram uma análise empírica com base em suas experiências e nos dados obtidos. Já Zhang *et al.* (2017a) aplicaram uma função de agrupamento padrão, o *K-Means*, levando em consideração os padrões de velocidade. Zhang *et al.* (2017b) também utilizaram uma função de agrupamento, o *Fuzzy C-Means*, ao qual permite que um ponto possa pertencer a vários clusters ao mesmo

tempo de acordo com seu grau de associação. Neste caso, os autores se basearam no atributo de tempo de congestionamento para a formação dos clusters.

Para a análise de dados, Zhang *et al.* (2017b) utilizaram 12 fatores como o tipo de estrada, comprimento do segmento de estrada, distância até a rampa mais próxima, número de estações de ônibus ao longo do segmento rodoviário por 100m, distância até a estação de metrô mais próxima, a localização relativa aos anéis das vias expressas urbanas, número de estacionamentos abertos à sociedade em um raio de 500m por 100m, número de escolas em 500m por 100m, distância até o hospital mais próximo, área comercial, área residencial, área de transporte. Foi utilizado a ferramenta *Geographical Detector*, aplicando o *GLOBAL MORRAL I* para realizar uma correlação espacial e testar se os objetos observados possuem similaridades com os objetivos de adjacência espacial. Os autores indicam que há uma relação dos fatores apontados acima com o congestionamento, mostrando que em áreas onde não há presença de tantos fatores, o trânsito tende a fluir melhor. Zhang *et al.* (2017a) consideram 5 fatores que correspondem ao tipo de área a qual aquele terreno pertence, sendo elas terrenos educacionais, terrenos comerciais, terrenos residenciais, terrenos industriais e terrenos de lazer. Aplicando regressão linear múltiplas e a ferramenta IBM SPSS *Statistics* 19.0 para testar a correlação entre o trânsito e os tipos de terreno. Os autores apontam que há uma correlação positiva entre o tipo de terreno e o tempo de congestionamento. Por fim, Wang *et al.* (2018) consideraram os mesmos 12 fatores de Zhang *et al.* (2017b), realizando uma análise empírica. Eles concluíram que os horários de picos da manhã e noite cobrem a grande parte de tempo de congestionamento, onde viram que o pico da manhã é o mais crítico, sugerindo então que o pico da manhã teria como explicação a viagem das pessoas de casa ao trabalho, e ele é maior que o da noite pois ocorre que as pessoas podem ter horários de saídas diferentes e que nem sempre eles fazem o trajeto para casa, podendo ir a algum outro lugar.

Os trabalhos correlatos descritos apresentam técnicas e ferramentas de como fazer análise do trânsito e do ambiente para chegar em conclusões socioeconômicas em relação a população local. Este trabalho se propõe a fazer uma análise comportamental do trânsito de Blumenau em relação a aspectos socioeconômicos. Com isso, se propõe a utilizar as imagens disponibilizadas pela SETERB para monitorar a movimentação de veículos em uma determinada área. O tráfego do local será estabelecido via análise de imagens utilizando algoritmos de detecção de objetos da rede neural convolucional Yolo V3. Além disso, também se levará em consideração informações da região (comércios, escolas, densidade populacional etc.), horários e dias da semana e do mês, bem como o impacto das mudanças climáticas e fornecimento de combustível. Para tanto, pretende-se comparar e observar uma mesma região em diferentes períodos, como períodos com ou sem aulas, bem como comparações com regiões semelhantes. Também acredita-se que a complexidade deste trabalho encontra-se em quantificar as relações do fluxo do trânsito, que a partir desses valores será possível mensurar o seu comportamento. Contudo, este trabalho se torna relevante, pois será o primeiro estudo voltado ao trânsito de Blumenau. A partir disso, espera-se determinar quais fatores têm maior impacto no comportamento do tráfego, e que eventualmente, possam ajudar na gestão ou na identificação de qual período torna-se viável utilizar o trânsito.

### 3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

O modelo computacional a ser desenvolvido deverá:

- d) permitir que o usuário faça o cadastro da localização das câmeras que capturam as imagens no trânsito (Requisito Funcional - RF);
- e) permitir que o usuário faça o upload dos vídeos que serão usados para detectar o fluxo de veículos na região (RF);
- f) utilizar algoritmos de detecção de objetos, tais como o Yolo V3, para realizar a detecção e contagem dos veículos (RF);
- g) vincular informações socioeconômicas obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aos segmentos de trânsito a serem analisados (RF);
- h) calcular a função de deslocamento e a capacidade limite de tráfego (RF);
- i) calcular a função de desempenho ou curva de operação da via (fluxo livre, congestionamento, demanda maior que a capacidade) (RF);
- j) estabelecer a previsão do atraso e da formação de filas (RF);
- k) gerar ranking dos fatores que mais influenciam no trânsito (comércios, escolas, hospitais etc.) (RF);
- l) ser desenvolvido na linguagem de programação Python (Requisito Não Funcional - RNF);
- m) utilizar um banco de dados não relacional para guardar os dados gerados (RNF);
- n) utilizar o Keras para o auxílio na utilização de um algoritmo de detecção de objetos (RNF).

### 3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- o) levantamento bibliográfico: pesquisar trabalhos correlatos e entender os assuntos relacionados à mobilidade urbana e monitoramento, fatores que estabelecem seu comportamento, sistemas de monitoramento de tráfego;
- p) coleta de imagens de câmeras de trânsito: coletar as imagens que serão usadas nos testes do método



proposto. Além da utilização da base de imagens disponibilizadas pela SETERB serão pesquisadas opções de bases de dados públicas;

- q) rotulação das imagens coletadas: rotular as imagens que serão utilizadas, permitindo assim que o algoritmo detecção de objetos possa ter sua assertividade testada;
- r) pesquisa e escolha do método de detecção de objetos: pesquisar os principais algoritmos de detecção de objetos, escolhendo o mais adequado para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente será utilizado o Yolo V3;
- s) desenvolvimento: desenvolver o método de detecção, correlacionando a localização das informações do item (e), utilizando a linguagem de programação Python e a biblioteca Yolo V3;
- t) validação do método de detecção de objetos: verificar a assertividade do método proposto a partir do percentual de objetos detectados corretamente, e caso necessário, alterar os requisitos para atender o problema a ser resolvido;
- u) obtenção das informações socioeconômicas: obter informações regionais, dentre elas, localização de escolas, comércios, indústrias e densidade através de bases de dados públicas tais como, a do IBGE;
- v) correlação das informações: a partir dos itens (e) e (g) correlacionar e armazenar as informações em um banco de dados;
- w) levantamento de formas para calcular a demanda, oferta e operação viária: pesquisar equações que possam estabelecer o comportamento do fluxo do trânsito;
- x) implementação das métricas de fluxo: a partir dos itens (h) e (i) implementar as equações utilizando a linguagem Python e disponibilizados seus resultados na forma de ranking;
- y) validação do comportamento: em paralelo ao desenvolvimento, verificar a assertividade do modelo computacional para estabelecer o fluxo de veículos em uma dada região e o seu comportamento levando em consideração informações locais, e caso necessário, alterar os requisitos para atender o problema a ser resolvido.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 6.

Quadro 2 – Cronograma de atividades a serem realizadas

etapas / quinzenas	2021				2022											
	nov.		dez.		jan.		fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico																
coleta de imagens de câmeras de trânsito																
rotulação das imagens coletadas																
pesquisa e escolha do método de detecção de objetos																
desenvolvimento																
validação do método de detecção de objetos																
obtenção das informações socioeconômicas																
correlação das informações																
levantamento de formas para calcular a demanda, oferta e operação viária																
implementação das métricas de fluxo																
validação do comportamento																

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção está dividida em três subseções. A seção 4.1 conceitua mobilidade urbana. Já a seção 4.2 discorre sobre comportamento da mobilidade urbana. Por fim, a seção 4.3 aborda monitoramento do trânsito.

##### 4.1 MOBILIDADE URBANA

Com o crescimento populacional, especialmente o crescimento da população urbana, traz grandes desafios relacionados à infraestrutura urbana. Muitas pessoas vivem em assentamentos anormais e têm pouco acesso a serviços médicos, educação e mobilidade urbana. De fato, este último pode ser decisivo para o crescimento desordenado, pois o valor das casas próximas ao centro da cidade é alto, e a população se afasta cada vez mais, sendo necessária infraestrutura para chegar a esses locais (ANDRADE; GALVÃO, 2016).

Devido ao rápido desenvolvimento das cidades no Brasil desde a década de 1950, muitas cidades e regiões metropolitanas passaram a ter sistemas de transporte de baixa qualidade e alto custo, o que impacta negativamente na vida das pessoas, na economia e na sociedade. Portanto, estudar as condições efetivas de mobilidade por classe social, consumo e fatores externos relacionados é fundamental para avaliar a qualidade de vida nas cidades do país e identificar ações de políticas públicas que possam reduzir os problemas de mobilidade urbana, aumentando assim a eficiência da mobilidade (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2011).

A mobilidade é inerente às relações humanas e sociais. Para se locomover, o indivíduo pode contar com meios próprios, como os pés, e com equipamentos e tecnologia, como por exemplo, a utilização de veículos automotores. Também é limitado pelo espaço em que ocorre seu movimento (como a cidade) e pela forma de movimento, que é a produção e o produto dessas relações interpessoais. Portanto, mobilidade é a relação entre um indivíduo e seu espaço disponível e disponibilidade (BUOSI, 2018 apud BOHUSCH, 2013).

Dentre as relações interpessoais que ocorrem nas cidades, o sistema político hegemônico desempenha um papel seletivo na configuração da rede de transportes que protege a especulação imobiliária, fazendo com que a movimentação de pessoas e mercadorias ocorra de forma desigual. Ao mesmo tempo, promovem a integração, estimulam a divisão, isolam alguns lugares e conferem às organizações territoriais características de relações de poder fluidas (BUOSI, 2018 apud PEREIRA, 2009).

A partir deste contexto, a mobilidade urbana pode ser entendida como a capacidade dos indivíduos de se movimentarem de acordo com a infraestrutura de transporte disponível. É a facilidade de movimentar pessoas e mercadorias no centro da cidade, viajar no espaço urbano não só considera a ocorrência, mas também as possibilidades que a cidade oferece (BUOSI, 2018 apud ALVES; RAIA JUNIOR, 2009). O conceito de mobilidade refere-se ao fluxo de pessoas, bens e informações e conecta o local de trabalho com bens de consumo, família e espaços de entretenimento, compras e amizade. Portanto, é um conceito combinado com o conceito de vizinho. Este conceito está relacionado a questões políticas, questões ambientais e sustentabilidade urbana (BUOSI, 2018).

O aumento da mobilidade tem impactado negativamente o meio ambiente local e global, a qualidade de vida e o desempenho econômico das cidades. Esses impactos incluem congestionamento, emissão de poluentes, ruído, fragmentação da comunidade, acidentes, uso de energia não renovável e produção de resíduos sólidos. A fim de complicar ainda mais os problemas existentes, medidas para mitigar esses efeitos levaram ao aumento dos custos de expansão da infraestrutura urbana (COSTA, 2008 apud BERTOLINI et al., 2008).

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2011), problemas relacionados à movimentação de pessoas e mercadorias nos centros urbanos afetam diretamente a qualidade de vida da população, geram externalidades no transporte e na produção, e no desempenho econômico das atividades urbanas. Além disso, o sistema de transporte ineficiente tem agravado a desigualdade socioespacial e pressionado as frágeis condições de equilíbrio ambiental do espaço urbano, o que obriga o governo a adotar políticas públicas consistentes com o objetivo maior de construir o transporte urbano, perspectivas socioambientais são sustentáveis.

#### 4.2 COMPORTAMENTO NA MOBILIDADE URBANA

De acordo com Afrin e Yodo (2020), o congestionamento em cidades ou áreas metropolitanas pode ocorrer por diversos motivos, como excesso de demanda, sinais, acidentes, áreas de trabalho, eventos climáticos ou especiais. De um modo geral, o congestionamento do tráfego rodoviário pode ser dividido em duas categorias, congestionamentos recorrentes e congestionamentos não recorrentes. Ainda segundo os autores, na maioria das metrópoles, os viajantes enfrentam congestionamentos de tráfego durante os horários de pico todos os dias. De acordo com dados da Federal Highway Administration (FHWA), aproximadamente metade do congestionamento vivenciado pelos usuários do trânsito é recorrente. O congestionamento não recorrente geralmente ocorre devido a eventos imprevisíveis, como acidentes de trânsito, áreas de trabalho, clima ou outras condições específicas. O congestionamento não recorrente causará novo congestionamento fora dos horários de pico e aumentará o atraso devido ao congestionamento repetido.

Para os congestionamentos recorrentes, um dos principais motivos são gargalos e problemas de capacidade. Os gargalos costumam ocorrer durante os horários de pico do tráfego, quando o número de faixas convergentes em rodovias, pontes ou túneis excede o número de faixas para essas instalações. Isso também pode acontecer quando a demanda ultrapassa a capacidade da estrada. A capacidade de qualquer estrada representa a quantidade máxima de tráfego que pode ser tratada. A capacidade pode ser determinada pelo número e largura das faixas, o comprimento das interseções nos nós e o alinhamento da estrada. Outro motivo é a infraestrutura insuficiente. Ela também é uma das causas mais importantes de congestionamento, especialmente em áreas densamente povoadas. Devido ao maior índice populacional, o número de veículos também está aumentando. Quando a quantidade de infraestrutura existente não suportar mais e mais carros, ocorrerá congestionamento (AFRIN; YODO, 2020).

Há também o motivo de mudanças no fluxo de tráfego, que ocorrem quando mudanças na demanda de tráfego diária resultam em um volume de tráfego maior em determinados dias do que em outros dias. Quando essas demandas variáveis não correspondem à capacidade fixa, ocorrem atrasos. Finalmente, existe o problema de controladores de tráfego insuficientes. Controladores (como semáforos, sinais de parada, desaceleração ou travessias de ferrovias) mal cronometrados podem interromper o fluxo regular do tráfego, levando a congestionamentos e flutuações no tempo de viagem (AFRIN; YODO, 2020).

Segundo Afrin e Yodo (2020), nos congestionamentos não recorrentes, um dos principais motivos são os acidentes de trânsito ou acidentes. As formas mais comuns de acidentes são colisões, mal funcionamento e destroços de veículos nas vias de tráfego. Esses incidentes atrapalham o fluxo normal do tráfego, muitas vezes

bloqueando as vias, o que leva ainda mais à redução da capacidade. Outro motivo são as zonas de trabalho. As zonas de trabalho referem-se às atividades de construção de estradas realizadas por meio das modificações físicas do ambiente viário. Essas mudanças resultam em uma redução no número ou largura das faixas, "mudanças" de faixa, saídas de faixa, redução ou eliminação de acostamentos e fechamentos temporários de estradas.

O clima também é classificado como uma causa não recorrente, em que mudanças no ambiente ou nas condições climáticas afetarão o fluxo do tráfego e o comportamento do motorista. Eles também podem modificar os sistemas de controle de tráfego, como sinais e cruzamentos ferroviários, e as condições das estradas. Devido às más condições das estradas causadas pelo mau tempo, ocorrem aproximadamente 28% dos acidentes de viação e 19% das mortes. Além disso, a velocidade e o volume do veículo são afetados pelo clima, como ventos fortes e chuvas fortes. Também existem outros eventos especiais, onde as mudanças na demanda de tráfego para eventos específicos são geralmente diferentes dos padrões de tráfego usuais. Essas atividades incluem eventos esportivos (dias de jogos), concertos ou outros eventos sociais. Em circunstâncias especiais, um aumento repentino na demanda de tráfego pode sobrecarregar o sistema e causar congestionamento (AFRIN; YODO, 2020).

No contexto social, fatores como as dimensões do espaço urbano, a complexidade das atividades nele desenvolvidas, a disponibilidade de serviços de transporte e as características demográficas, principalmente em termos de renda, idade e gênero, afetarão a mobilidade. As condições de mobilidade afetam diretamente o desenvolvimento econômico da cidade, a interação social e o bem-estar dos residentes (COSTA, 2008). Por esses motivos, pode-se dizer que o problema de liquidez é multidimensional e não envolve inteiramente problemas relacionados aos meios de transporte. Além dos aspectos relacionados ao planejamento físico e à organização da cidade, também envolvem questões mais complexas do cotidiano. Por sua vez, todos esses fatores terão impacto direto na sustentabilidade da cidade. Por fim, pode-se afirmar que o problema da mobilidade em diferentes formas e dimensões tem levado a um declínio na qualidade de vida da população urbana (COSTA, 2008). Além disso, outros fatores, como a variação da inflação, significam mudanças significativas no consumo. Os supermercados estão cada vez mais participando das atividades comerciais, fazendo com que as compras não ocorram mais na comunidade, aumentando a mobilidade dos carros e reduzindo o tempo de execução das atividades principais, a flexibilidade os horários de execução das atividades principais (SANTOS 2009 apud MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006) e a conveniência de comprar um carro fazem com que algumas pessoas que não podiam comprar um carro se tornem cada vez mais móveis (SANTOS 2009 apud ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2006).

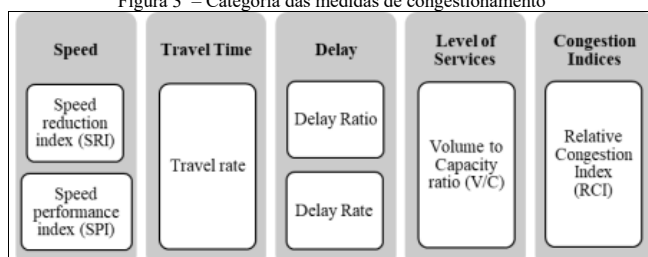
#### 4.3 MONITORAMENTO DO TRÂNSITO

Ao longo dos anos, governos, legisladores, pesquisadores e profissionais do setor público e privado fizeram várias tentativas para minimizar as perdas causadas pelo congestionamento. De acordo com as observações, o monitoramento correto das condições de tráfego é o primeiro passo para o estabelecimento de um sistema de gerenciamento de controle de tráfego eficaz. Ao fazer isso, o nível de congestionamento pode ser quantificado em tempo e medidas preventivas podem ser iniciadas antes do horário de pico do congestionamento. Ao planejar o gerenciamento de tráfego durante eventos especiais, também pode ser benéfico medir o possível congestionamento (AFRIN; YODO, 2020).

Atualmente, uma variedade de medidas de congestionamento de tráfego estão disponíveis, dependendo de vários critérios de desempenho, como velocidade, tempo de viagem, atraso, nível de serviço ou outros indicadores. No entanto, não existe um método geral fixo para medir as condições de tráfego atuais. Por exemplo, o *U.S. Department of Transportation* (DOT) usou o tempo de congestionamento, o índice de tempo de viagem e o índice de tempo de planejamento em seu relatório anual de tendência de congestionamento 2016-2018. O Ministério de Segurança Pública da China escolheu a velocidade média de uma estrada municipal para mostrar a situação de congestionamento. Um dos desafios é encontrar a medida mais adequada para a análise do tráfego rodoviário a partir dessas medidas abrangentes (AFRIN; YODO, 2020).

Afrin e Yodo (2020) apontam que para quantificar o grau de congestionamento, considerando diferentes padrões de desempenho, várias medidas de congestionamento foram desenvolvidas. De acordo com esses critérios, as medidas de congestionamento podem ser divididas em cinco categorias: *Speed*, *Travel Time*, *Delay*, *Level of Service* (LoS) e *Congestion Index*, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Categoria das medidas de congestionamento



Fonte: Afrin e Yodo (2020).

No bloco *Speed*, encontra-se o *Speed Reduction Index* (SRI) que é a proporção da mudança de velocidade relativa entre as condições de fluxo livre e congestionado. Também há o *Speed Performance Index* (SPI), sendo utilizado para avaliar as condições do tráfego rodoviário urbano. No bloco *Travel Time*, o *Travel Rate* refere-se à taxa de movimento para um segmento de estrada ou viagem particular que pode ser representado pela proporção do tempo de viagem do segmento pelo comprimento do segmento. No bloco *Delay*, tem-se o *Delay Rate*, que é a taxa de perda de tempo para veículos que operam durante o congestionamento para um segmento de rodovia específico ou viagem. Também consta o *Delay Ratio* que pode ser calculada pela razão da taxa de atraso e a taxa de viagem real, sendo usado para comparar os níveis relativos de congestionamento em diferentes estradas. Em seguida, existe o bloco *Level of Service* (LoS) que pode ser determinado pela densidade, velocidade, relação entre volume e capacidade e taxa máxima de fluxo de serviço. É uma classificação que varia de A (fluxo livre) à F (Fluxo de decomposição). Por último, o bloco *Congestion Indices*, o *Relative Congestion Index* (RCI) é a razão entre o tempo de atraso e o tempo de viagem de fluxo livre. E finalizando, o *Road Segment Congestion Index* (Ri) pode ser medido usando o estado normal do segmento de estrada e a duração do estado de não congestionamento no período de observação (AFRIN; YODO, 2020).

De acordo com Afrin e Yodo (2020), o congestionamento do tráfego é um problema global que representa um desafio para o desenvolvimento de um sistema de transporte resiliente e sustentável. Monitorar o fluxo de tráfego em uma área é uma das etapas iniciais para estabelecer um sistema de gerenciamento de tráfego apropriado ou aliviar o congestionamento. Uma vez que várias medidas de congestionamento estão disponíveis, pode haver uma dificuldade em considerar várias medidas de congestionamento na análise do tráfego rodoviário. É importante avaliar as medidas disponíveis para encontrar as medidas de congestionamento adequadas para a análise do tráfego rodoviário.

Segundo Tsuboi (2021), para entender o fluxo de tráfego há diferentes formas de se coletar dados, tais como: usar sistemas de monitoramento de tráfego, como câmeras de vigilância de tráfego, smartphones, sistemas de navegação de veículos, câmeras drone, sensores de câmera 3D, câmeras infravermelhas e outras tecnologias de detecção que coletam diretamente o movimento do veículo para medir as condições do. Mas, o problema é como coletar dados de tráfego precisos, como fluxo de tráfego real. Neste sentido, a câmera de vídeo, por exemplo, tem várias funções, como contagem do número de veículos na estrada, velocidade média, densidade do tráfego e taxa de ocupação.

## REFERÊNCIAS

- AFRIN, Tanzina; YODO, Nita. A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient Transportation System. *Sustainability*, [S.l.], v. 12, n. 11, p. 4660-4683, 7 jun. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12114660>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4660>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- ANDRADE, Josiane Nascimento; GALVÃO, Diogo Cavalcanti. O CONCEITO DE SMART CITIES ALIADO À MOBILIDADE URBANA. *Revista Hum@Nae: Questões controversas do mundo contemporâneo*, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 1-19, 2016. Disponível em: <https://revistas.esuda.edu.br/index.php/humanae/article/view/478>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- BAS, Erhan *et al.* Automatic Vehicle Counting from Video for Traffic Flow Analysis. **2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium**, [S.l.], p. 392-397, jun. 2007. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ivs.2007.4290146>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4290146?arnumber=4290146>. Acesso em: 25 set. 2021.
- BUOSI, Marcelo de Almeida. **Mobilidade inteligente**: proposta de framework de big data analytics para análise de dados de mobilidade urbana em uma smart city. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Centro de Ciências Socioeconômicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00004f/00004f56.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

COSTA, Marcela da Silva. **Um índice de mobilidade urbana sustentável**. 2008. 274 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-01112008-200521/publico/Tese\\_MCOSTA.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-01112008-200521/publico/Tese_MCOSTA.pdf). Acesso em: 18 nov. 2021.

GERLOUGH, Daniel L.; HUBER, Matthew J. **Traffic Flow Theory**: a monograph. Washington, D.C: Trb, 1975. 233 p. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00004f/00004f56.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

GOVERNMENT, Nsw. **SCATS**. Disponível em: <https://www.scats.nsw.gov.au/>. Acesso em: 30 set. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Ministério da Economia. **A mobilidade urbana no Brasil**. 2011. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8589](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=8589). Acesso em: 18 nov. 2021.

PUMATRONIX. **Quem Somos**. 2021. Disponível em: <https://pumatronix.com/quem-somos/>. Acesso em: 30 set. 2021.

SANTOS, Liliã da Silva. **Análise da influência da variação espacial da oferta de um modo de transporte público urbano no comportamento de viagem de seus usuários**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4185/1/2009\\_LiliãdaSilvaSantos.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4185/1/2009_LiliãdaSilvaSantos.pdf). Acesso em: 30 set. 2021.

SILVA, Paulo Cesar Marques da. **Teoria do fluxo de tráfego**: engenharia de tráfego. ENGENHARIA DE TRÁFEGO. 1994. Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/teoria-do-fluxo-de-traffic.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

TSUBOI, Tsutomu. Traffic Flow Analysis and Management. **Design Of Cities And Buildings - Sustainability And Resilience In The Built Environment**, [S.l.], p. 1-15, 2 jun. 2021. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.95087>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/75082>. Acesso em: 29 set. 2021.

WANG, Shiguang *et al.* Analyzing urban traffic demand distribution and the correlation between traffic flow and the built environment based on detector data and POIs. **European Transport Research Review**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 10-50, jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12544-018-0325-5>. Disponível em: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-018-0325-5>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZHANG, Kaisheng *et al.* Analyzing spatiotemporal congestion pattern on urban roads based on taxi GPS data. **Journal Of Transport And Land Use**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 675-694, 19 jun. 2017a. Center for Transportation Studies. <http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2017.954>. Disponível em: <https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/954>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZHANG, Tianqi *et al.* Impact Analysis of Land Use on Traffic Congestion Using Real-Time Traffic and POI. **Journal Of Advanced Transportation**, [S.l.], v. 2017b, p. 1-8, 2017. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/7164790>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2017/7164790/>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZOU, Zhengxia *et al.* **Object Detection in 20 Years**: a survey. *Corr*, [S.l.], v. /190505055, p. 1-39, 28 maio 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1905.05055>. Acesso em: 30 set. 2021.

## FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO BCC – PROFESSOR AVALIADOR

Avaliador(a): Alexander Roberto Valdameri

Atenção: quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

ASPECTOS AVALIADOS		Atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?	X		
	4. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?	X		
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	5. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?	X		
	6. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?	X		
	7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?	X		
	8. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos **4 (quatro)** itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos **4 (quatro)** itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

**PARECER:** ( X ) APROVADO ( ) REPROVADO

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
( ) PRÉ-PROJETO	( X ) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TRÂNSITO DE BLUMENAU EM RELAÇÃO A ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Célio Rodrigues Junior

Prof. Aurélio Faustino Hoppe – orientador

### 1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia, carros e motocicletas ficaram relativamente baratos, tanto no Brasil quanto em outros países do mundo. Por outro lado, com o aumento da frota de veículos, escancara-se um dos grandes problemas das cidades, o congestionamento. Com base nesse problema, estudos científicos do fluxo de tráfego tiveram seu início na década de 1930 e se desenvolveram, através de várias teorias, o que compõe a teoria do fluxo de tráfego (GERLOUGH; HUBER, 1975).

Segundo Silva (1994), a teoria do fluxo de tráfego consiste na aplicação de conceitos da matemática, da teoria da probabilidade e da física à descrição do comportamento do tráfego veicular rodoviário. São estudados desde fluxos de tráfego vistos como meios indivisíveis até os menores elementos que os compõem (veículos) vistos individualmente.

Bas *et al.* (2007) destacam que são criadas constantemente várias ferramentas para simular ou analisar o trânsito e, um dos recursos mais utilizados são as câmeras de vídeo. As câmeras de vídeo foram introduzidas pela primeira vez no gerenciamento de tráfego para vigilância rodoviária, transmitindo imagens de circuito fechado de televisão a um operador humano para interpretação. Os sistemas de gerenciamento de tráfego atuais utilizam processamento de vídeo digital para analisar automaticamente a cena de interesse e extrair informações para monitoramento de tráfego.

De acordo com Zou *et al.* (2019), uma das formas de se converter imagens em dados de fluxos, é através de aprendizado de máquina, como por exemplo, utilizando algoritmos de detecção de objetos. A detecção de objetos é uma importante tarefa de visão computacional que é usada para detectar instâncias de categorias específicas de objetos visuais, como carros em imagens digitais. O objetivo da detecção de objetos é desenvolver modelos computacionais e tecnologias para fornecer uma das informações mais básicas necessárias para aplicações de visão computacional, que é quais objetos estão na cena e onde eles estão. Ainda segundo os autores, a detecção de objetos tornou-se amplamente usada em muitas aplicações práticas, como direção autônoma, visão de robô, vigilância por vídeo etc.

Segundo Zou *et al.* (2019), nos últimos anos, vários estudos foram realizados sobre o tráfego usando visão computacional e aprendizado de máquina. Grande parte dessas pesquisas tiveram como foco as principais cidades do mundo, como por exemplo Xangai, na China. Nessas metrópoles, por serem em países desenvolvidos e com mais recursos financeiros, já existem ferramentas de análise de tráfego, o que facilita a obtenção de dados e análises. Como exemplo de ferramenta, pode-se destacar o *Sydney Coordinated Adaptive Traffic System* (SCATS). Segundo a fornecedora, *NSW Government* (2021), SCATS é um sistema de controle de tráfego projetado para otimizar o fluxo de tráfego. Dados são processados em tempo real, através de algoritmos inteligentes, para ajustar o tempo para responder aos sinais de tráfego em situações inesperadas, prever padrões de tráfego e manter o fluxo de tráfego. Além disso, há também a Pumatronix que trabalha com pesquisa e desenvolvimento de soluções para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) que contribui para a mobilidade urbana e rodoviária, segurança, modernização das cidades, e fiscalização no trânsito (PUMATRONIX, 2021). Em contrapartida no Brasil, especialmente nas cidades não metropolitanas, não é fácil obter dados e ferramentas de análise. Ainda de acordo com Zou *et al.* (2019), no país, devido à dificuldade de acesso a essas ferramentas, é difícil analisar as interferências e os fatores que afetam o trânsito, o que torna difícil analisar e gerenciar o mesmo. Portanto, vê-se a necessidade de um sistema de análise de tráfego que possa contribuir para as decisões relacionadas ao tráfego com base em números quantitativos e estruturados de acordo com o que está ao seu redor em cenários regionalizados.

Diante deste contexto, esse trabalho se propõe a criar um modelo computacional que estabelece o comportamento do fluxo do trânsito de Blumenau. Nele, serão utilizadas técnicas de aprendizado de máquinas e visão computacional para coletar dados quantitativos sobre o trânsito de Blumenau. Assim como, também serão levados em consideração informações da região (comércios, escolas, densidade populacional etc.) em períodos espaciais e temporais distintos.

## 1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo disponibilizar um modelo computacional que seja capaz de estabelecer as relações básicas entre as variáveis de demanda, de oferta, de operação viária, de localidade e socioeconômicas de vias pré-cadastradas da cidade de Blumenau.

Os objetivos específicos são:

- realizar a detecção dos veículos utilizando técnicas de processamento de imagem e aprendizado de máquinas;
- criar uma base de dados unificada correlacionando os dados do fluxo do trânsito e informações socioeconômicas e da infraestrutura regional;
- classificar seções de estradas buscando evidências para estabelecer fatores que afetam o trânsito e os motivos de sua ocorrência.

## 2 TRABALHOS CORRELATOS

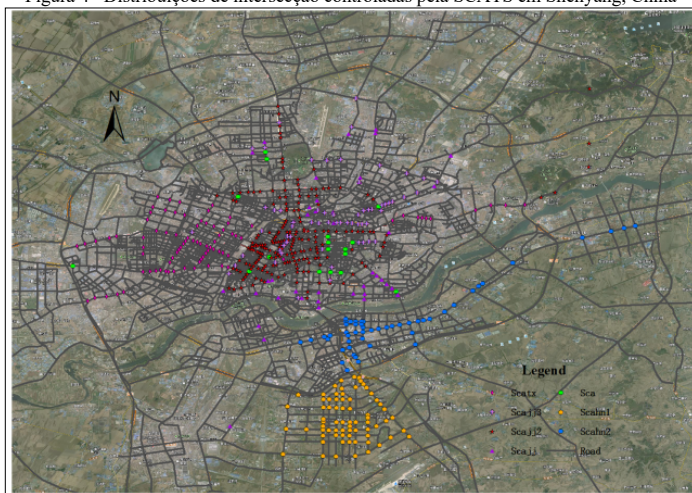
Nessa seção são apresentados três trabalhos correlatos semelhantes ao proposto. A seção 2.1 apresenta uma análise empírica sobre o trânsito de Shenyang, na China (Wang *et al.*, 2018). Na seção 2.2 é apresentado um método de avaliação de pontos de congestionamentos por meio sistema de informação geográfica (Zhang *et al.*, 2017a). Por fim, na seção 2.3 é investigado um padrão de congestionamento de 24 horas da rede rodoviária através da velocidade (Zhang *et al.*, 2017b).

### 2.1 ANALYZING URBAN TRAFFIC DEMAND DISTRIBUTION AND THE CORRELATION BETWEEN TRAFFIC FLOW AND THE BUILT ENVIRONMENT BASED ON DETECTOR DATA AND POIS

Wang *et al.* (2018) desenvolveram um método de análise empírica via *Sidney Coordinated Adaptive Traffic System* (SCATS) e dados ambientais para compreender as características de distribuição temporal e espacial de tráfego das cidades a fim de obter evidências empíricas para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano além de verificar o quão universais podem ser os resultados, aplicando uma análise semelhante para cidades europeias. Segundo o autor, SCATS é um sistema australiano de controle de tráfego em tempo real, que pode alterar o tempo dos semáforos de acordo com as mudanças no fluxo de veículos. Por meio dos dados lidos pelos detectores, o sistema pode responder às mudanças no fluxo do veículo ao longo do dia e se adaptar a eventos aleatórios, como dias chuvosos e feriados, sem a intervenção do operador. Essa adaptação funciona 24 horas por dia, 365 dias por ano. Junto com o SCATS, existe também um sistema estatístico denominado *SCATS Traffic Reporter*, que publica relatórios sobre as informações coletadas pelo sistema SCATS, como a quantidade de veículos durante o dia, para poder realizar pesquisas de gestão sobre estradas controladas pelo sistema.

Segundo Wang *et al.* (2018), as informações funcionais sobre a rede de tráfego rodoviário urbano foram obtidas do SCATS em Shenyang, na China, que é uma das maiores cidades na região nordeste da china tendo uma população automotiva de 1.46 milhões. Os sistemas SCATS da cidade tinham um total de 525 intersecções na área urbana principal da cidade, conforme mostra a Figura 7.

Figura 4– Distribuições de intersecção controladas pela SCATS em Shenyang, China



Fonte: Wang *et al.* (2018).



Considerando a regularidade dos padrões de viagens dos residentes, Wang *et al.* (2018) selecionaram de forma randômica dados de um cruzamento típico e a estrada de entrada oeste que liga esse cruzamento, durante uma semana (de 29 de julho de 2014 a 4 de agosto de 2014). Do ponto de vista do fluxo total, com exceção domingo (3 de agosto de 2014), a demanda de tráfego neste cruzamento foi relativamente estável, e o dia em que ocorreu o maior número de tráfego foi na sexta-feira (1 de agosto de 2014).

Segundo Wang *et al.* (2018), os principais fatores ambientais construídos que afetam o estado do tráfego ou os comportamentos de viagem podem ser divididos em fatores relacionados ao tráfego e ao uso do solo. Com isso, o detector geográfico foi introduzido para avaliar os parâmetros ambientais construídos que podem ser responsáveis pelo estado do tráfego rodoviário. Além de fatores ambientais, Wang *et al.* (2018) se utilizaram de outros fatores para determinar o fluxo do tráfego, como por exemplo, os fatores de tipo de rua, números de estações de ônibus em um segmento de 100 metros, proporção de área comercial, dentre outros.

Wang *et al.* (2018) observaram que os horários de pico durante o dia concentram-se principalmente no pico da manhã (07h00-09h15) e no pico noturno (16h15-18h15). A frequência de pico dos dois picos juntos foi responsável por 82,22% do horário de pico. A taxa de fluxo máxima de um dia ocorre principalmente durante o período de pico da manhã, sendo responsável por 62,54% do horário de pico. Além disso, os autores descobriram que o fluxo do tráfego urbano estava concentrado principalmente em algumas estradas. Cerca de 66% das estradas de pequeno e médio porte cobrem cerca de 38% do fluxo de tráfego, e 34% das estradas de médio e grande porte atendem a cerca de 62% do fluxo de tráfego. Os autores também observaram que, de maneira geral, o fluxo nos cruzamentos durante os horários de pico aumenta à medida que aumenta o número de faixas de entrada. No entanto, diferentes conjuntos de amostras mostram que quando o número de faixas de entrada é 14, a capacidade máxima de suporte de cada tipo de indivíduo é a melhor.

Wang *et al.* (2018) mencionam que, em termos da distribuição temporal da demanda de tráfego, os horários de pico de diferentes cruzamentos e vias são considerados heterogêneos, revelando a flexibilidade do tempo de deslocamento. Os principais picos de viagens são os picos da manhã e da noite. O maior horário de pico do dia é pela manhã, o que indica que os destinos e as rotas das pessoas mudam depois que saem do trabalho, causando menos carga de tráfego para as estradas. Portanto, os autores acreditam que horários e locais de trabalho flexíveis são uma forma eficaz de reduzir o número de veículos e melhorar as condições de tráfego. Além disso, existe uma correlação linear positiva significativa entre o número de faixas e o fluxo médio de tráfego de serviço. Quanto maior o número de faixas, seja em estradas ou em cruzamentos, maior o número de veículos atendidos. No entanto, o valor máximo do fluxo de tráfego revela a diferença nas capacidades do serviço. Tais resultados talvez só sejam válidos neste caso, por isso mais dados de outras cidades são necessários para explorar se existem regras universais, pois para Wang *et al.* (2018) seria interessante explorar o quão universais são suas descobertas, conduzindo uma análise semelhante para cidades europeias e outras, para que possam ter uma melhor compreensão dos sistemas de transporte urbano.

## 2.2 IMPACT ANALYSIS OF LAND USE ON TRAFFIC CONGESTION USING REAL-TIME TRAFFIC AND POI

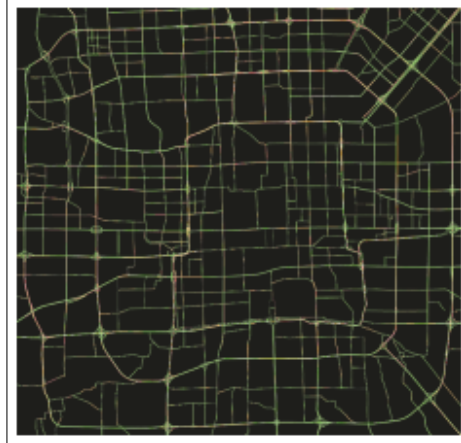
Zhang *et al.* (2017a) apresentaram um método de avaliação de pontos de congestionamentos por meio Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo uma alternativa eficaz frente aos modelos convencionais de quatro etapas que normalmente operam com base em dados de pesquisa individuais de alto custo, baixa precisão e baixa eficiência. Além disso, também não consideram informações geográficas, como as coordenadas de longitude e latitude, as categorias e as informações de localização específicas. Tendo o intuito de contribuir para a formulação de políticas de planejamento do uso do solo urbano, os autores exploraram a correlação entre o congestionamento do tráfego e diferentes atributos do uso do solo urbano, estabelecendo a evolução dos modelos geográficos do congestionamento do tráfego urbano.

Zhang *et al.* (2017a) tentaram obter uma melhor classificação das *Points Of Interest* (POI) de Pequim, que é uma boa representação do propósito de viagem dos residentes. Os resultados mostram que, trabalho, escola, compras, lazer e "ir para casa" são as principais razões para os residentes de Pequim viajarem, respondendo por cerca de 85% do volume total de viagens. Este estudo também extrai cerca de 90.000 POIs dentro do quarto anel viário em Pequim usando software web Crawler, que são robôs usado por buscadores para encontrar e indexar páginas de um site. Os dados do POI possuem quatro tipos de informações: nome, categoria, longitude e latitude. Através do processamento, as características do uso do solo são determinadas e a relação entre o congestionamento do tráfego e os diferentes tipos de uso do solo são identificadas. A quantificação do POI focou na área edificada, que é o principal indicador da cidade em fase de planejamento, e reflete de forma objetiva os atuais indicadores populacionais, de emprego, socioeconômicos e específicos de desenvolvimento regional. Devido ao grande número de POIs, não era prático usar-se de todos, portanto, os POIs foram selecionados aleatoriamente para investigação. Na pesquisa de campo realizada em maio de 2016, entre 58 e 67 pontos de interesse foram selecionados aleatoriamente para cada tipo de uso de terreno.

Além das POIs, Zhang *et al.* (2017a) utilizaram informações de mapas vindas de aplicativos de mapas. Os aplicativos de mapas usam as informações dos estados das estradas para navegar pelas estradas e planejar as

viagens dos motoristas. As imagens dos mapas nos motores de busca da web são compostas por diferentes camadas: camada inferior, camada do meio e a camada superior. Zhang *et al.* (2017a) utilizaram a camada superior que contém as informações de tráfego representadas nas cores vermelho, amarelo e verde. Os dados em tempo real foram coletados a cada 5 minutos, um total de 60 vezes por dia, no pico da manhã (7h00 às 9h30) durante a semana e no pico da noite (17h às 19h30), na primeira semana de março de 2016. A Figura 8 apresenta o resultado dos dados obtidos, onde as linhas em vermelho representam áreas de congestionamento, as linhas em amarelo representam trânsito normal e as linhas em verde representam trânsito suave.

Figura 5 – Esquema do tráfego rodoviário em tempo real no pico da manhã do dia útil



Fonte: Zhang *et al.* (2017a).

Depois de coletar os dados de tráfego em tempo real, Zhang *et al.* (2017a) transformaram manualmente os dados em vetores, armazenando-os em formato de camada *ShapeFile*, que é um formato de armazenamento vetorial digital usado para armazenar localização geométrica e informações de atributos relacionados. A partir disso, criou-se um programa escrito na linguagem de programação Python para avaliar os pixels e pontos discretos na camada vetorial com pigmento. O programa sobrepõe o tempo de congestionamento em um único horário acumulado durante cada período de pico da manhã/noite. Os autores usam o atributo de tempo de congestionamento para agrupar áreas congestionadas. Também é utilizado o método de interpolação para tornar o agrupamento razoável e mais próximo da situação real de todo o espaço. Zhang *et al.* (2017a) utilizaram regressão linear múltipla para determinar a relação entre o uso da terra e o congestionamento do tráfego. Neste caso, analisaram o tempo de congestionamento e a proporção de terra em cada área do cluster. As áreas selecionadas são cinco tipos de terrenos para residências, educacionais, comerciais, comerciais e de lazer. Como a variável dependente é ordenada e multi-classificada, a análise ordinal é realizada usando IBM SPSS *Statistics* 19.0, que é um serviço em nuvem que fornece recursos de análise estatística e disponibilidade.

Segundo Zhang *et al.* (2017a), os resultados mostram que o tempo de congestionamento está positivamente correlacionado com a proporção de terrenos empresariais, comerciais e educacionais. Isso ocorre porque as viagens nos picos de manhã e à noite durante a semana estão relacionados a ida à escola ou ao trabalho. Os autores descobriram que áreas com mais terrenos comerciais causarão sério congestionamento de tráfego, porque os moradores começam e terminam no mesmo horário (manhã e noite). Por outro lado, as áreas com uma proporção menor de terrenos comerciais são menos congestionadas porque os residentes têm tempos de viagem diferentes.

Zhang *et al.* (2017a) relatam que o método proposto é uma alternativa viável para analisar o congestionamento de tráfego a partir de dados de mapas online. Além disso, pode servir de orientação política, sendo uma referência para o planejamento do uso do solo urbano. Os autores ainda apontam que o modelo de regressão pode ajudar a prever e estimar a correlação entre o uso do solo e a intensidade do congestionamento, sem depender de modelos de tráfego mais complexos, como o método de tráfego de quatro etapas. Zhang *et al.* (2017a) também destacam que são necessários outros testes em outras áreas buscando determinar um padrão de relação entre os tipos de terreno e o congestionamento de tráfego.

## 2.3 ANALYZING SPATIOTEMPORAL CONGESTION PATTERN ON URBAN ROADS BASED ON TAXI GPS DATA

Zhang *et al.* (2017b) investigaram o padrão de congestionamento de 24 horas da rede rodoviária através da velocidade, usando agrupamento *Fuzzy C-mean* (FCM) para classificar seções de estradas problemáticas em contínuas de baixa velocidade ou congestionamento não convencionais. Os autores tinham como intuito averiguar a relação entre o congestionamento do tráfego e o ambiente construído, incluindo fatores relacionados ao tráfego e ao uso do solo.

Segundo Zhang *et al.* (2017b), a coleta de dados foi feita a partir dos dados obtidos pelos táxis de Xangai, que foi coletada em 10 de abril de 2015, uma sexta-feira de intenso tráfego. Os dados foram fornecidos pela *Qiangshen Company*, empresa que fornece serviços de transporte de táxi e minibus, em uma competição online de dados abertos. A base de dados tem 114.633.142 registros e o intervalo de tempo é de 30 segundos. O registro original incluía ID de táxi, status, hora do sinal recebido, hora do sinal medido, longitude, latitude, velocidade etc. Além disso, apenas as viagens de táxi ocupado foram utilizadas para geração de padrão de velocidade, porque um táxi vazio não refletiria as condições reais de tráfego causadas pela desaceleração para busca de passageiros, deslocamento ou redução do combustível durante o táxi vazio. Com foco no congestionamento de tráfego, considerando apenas as vias primárias e secundárias no centro de Xangai, um total de 853 trechos de estradas foram selecionados, que possuíam dados de tráfego e ambientais, representando os trechos com maior congestionamento durante a jornada de trabalho. Na preparação dos dados, Zhang *et al.* (2017b) descartaram alguns dos dados que não correspondem às estradas mais próximas em 15m, permanecendo imóveis por mais de 5 minutos, ou com velocidade acima de 120 km/h e desvio repentino de distância acima de 1 km/min. Trinta visitas por hora foram definidas como *threshold* para os segmentos, buscando evitar a propagação do erro.

Segundo Zhang *et al.* (2017b), se estabeleceu o padrão de velocidade a partir de 551 segmentos. A análise de *clustering* foi usada para agregar segmentos de estradas em grupos com base em padrões de velocidade. Inicialmente, o padrão de velocidade de cada segmento foi representado como um vetor de 24 dimensões. Um método de *soft clustering*, denominado *Fuzzy C-means* (FCM), faz com que os pontos de dados possam pertencer a vários clusters ao mesmo tempo por graus de associação, sendo mais preciso, de modo que os resultados do modelo numérico poderiam ser usados em métodos de regressão. Com isso, 4 clusters estão devidamente separados, o cluster 1 tem 235 objetos, o cluster 2 tem 177 objetos, o cluster 3 tem 107 objetos e o cluster 4 tem 32 objetos. O cluster 1 foi definido como uma “*Congested Segments*” com uma velocidade média de 22,58 km/h. Comparado com outros clusters, sua trajetória de velocidade é mantida em um nível baixo e a tendência é relativamente estável. A característica do cluster 2 é que a velocidade é média, com média de 29,51 km/h, representando a “*Normal Speed Segments*”. O cluster 3 pode ser considerado um estado crítico, exibindo mudanças e flutuações de velocidade mais altas durante os horários de pico, por isso é marcado como uma “*Unimpeded Segments*”. A velocidade média é 41,11 km/h, sendo 7 km/h mais alta do que o cluster 2, que é um valor relativamente pequeno. O limite de velocidade do segundo nível é 40 km/h. O cluster 4 é rotulado como “*High Speed Segments*”, com a maior velocidade média 61,63 km/h e o menor tamanho de amostra de 32.

Zhang *et al.* (2017b) analisaram 12 fatores que influenciam no tráfego, incluindo a distância até o hospital mais próximo, o número de estacionamentos a 500m e o número de escolas a 500m. O cluster FCM classifica as seções da estrada durante 24 horas, mas ainda é duvidoso se o tráfego e os fatores relacionados ao uso do solo têm um impacto significativo no congestionamento. O *Geographical detector* foi introduzido para julgar os parâmetros ambientais construídos. Os autores também utilizaram o *GLOBAL MORAN's I*, que mede a correlação espacial, testando se os objetos observados são semelhantes a objetos espacialmente vizinhos. Para o valor do intervalo *MORAN I*,  $[-1, 1]$ ,  $I = 0$  significa independência espacial completa,  $I > 0$  significa correlação positiva e  $I < 0$  significa correlação negativa. O *I* de MORAN é calculado cluster a cluster. Segundo os autores, todos os valores *I* de MORAN foram maiores que zero. Dessa forma, o detector geográfico e o do *I* de MORAN comprovaram a influência desses fatores nos resultados de agrupamento e na similaridade espacial dos trechos rodoviários próximos. Portanto, segundo Zhang *et al.* (2017b), os modelos espaciais envolvendo autocorrelação espacial e sistemas multivariados mostraram-se mais adequados. No entanto, também aplicou-se um atraso espacial denominado *Seasonal Autorgressive Moving Average* (SARMA) para resolver dependências e erros de objetos mais próximos e com maior impacto.

Zhang *et al.* (2017b) destacam que no cluster 1, todos os fatores importantes mostram pressão de tráfego contínua. A estação rodoviária e os estacionamentos próximos também trouxeram um fluxo constante de tráfego. Para os segmentos de estradas pertencentes ao cluster 1, 55,1% das escolas são universidades ou escolas profissionais. Além disso, a demanda por hospitais é muito elevada, estimulando o fluxo de transporte particular e táxis. Pequenos centros, como estações de ônibus ou de logística, costumam ser acompanhados por congestionamentos de tráfego intenso. O cluster 2 tem uma forte tendência de tráfego de oscilação. Fatores importantes que contribuem para o fenômeno do deslocamento incluem efeitos comerciais do uso do solo, estações de metrô e escolas. No entanto, fatores de influência como pontos de ônibus, estacionamentos e hospitais próximos tornaram-se menos significativos e a velocidade média geralmente aumentou. Em segmentos de estrada mais longas geralmente significa menos controle de sinal, o que também é um fator chave. As seções de estradas no

cluster 3 são dominadas por estradas arteriais e fatores de interferência, como estações de ônibus e estacionamento, diminuíram ou aumentaram, e a proporção de terreno para tráfego é extremamente alta. Para o cluster 4, a velocidade média dos principais objetos associados está próxima ao limite de velocidade de 60 km / h, e os fatores ambientais estabelecidos ao seu redor são semelhantes aos da periferia. Estações de ônibus de baixa densidade, estações de metrô e hospitais comprovam essa conclusão. De acordo com os resultados obtidos, Zhang *et al.* (2017b) apontam que a localização em relação ao anel rodoviário e a proporção de casas têm pouco efeito na formação de congestionamentos.

De acordo com Zhang *et al.* (2017b), embora os resultados sejam promissores, mais pesquisas são necessárias para melhorar o desempenho do modelo. Os autores também apontam que os dados de Global Position System (GPS) de táxi não cobriam toda a área de Xangai, limitando-se principalmente às áreas urbanas. Além disso, apenas um dia da semana foi analisado, sendo necessário a análise de vários dias. Já em relação ao processo de análise espacial, o modelo proposto não considerou a interação de fatores ambientais. Por fim, Zhang *et al.* (2017b) destacam a análise de curto prazo revelou algumas características importantes ou fenômenos óbvios que só aparecem durante os horários de pico.

### 3 PROPOSTA

Nessa seção são definidas as justificativas de elaboração desse modelo computacional, assim como os requisitos funcionais, não funcionais e a metodologia aplicada.

#### 3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 5 é apresentado um comparativo dos trabalhos correlatos. As linhas representam as características e as colunas os trabalhos.

Quadro 3 - Comparativo dos trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos Características	Wang <i>et al.</i> (2018)	Zhang <i>et al.</i> (2017a)	Zhang <i>et al.</i> (2017b)
Objetivo	Fornecer evidências empíricas para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano	Contribuir para a formulação de políticas de planejamento do uso do solo urbano	Averiguar a relação entre o congestionamento do tráfego e o ambiente construído
Origem da Base de Dados	Detecores e Câmeras de Trânsito	Web crawler	GPS de Taxis
Obtenção dos Dados	SCATS e POIs	SIG e POIs	Dados Taxi fornecidos pela <i>Qiangshen Company</i>
Forma de Agrupamento	Análise Empírica	Cluster <i>K-Means</i>	Cluster <i>Fuzzy C-Means</i>
Fatores de Agrupamento	Não se aplica	Padrões de velocidade	Tempo de congestionamento
Número de Fatores levados em consideração	12	5	12
Técnica de Análise	Empírica	Regressão linear múltipla, IBM SPSS <i>Statistics</i> 19.0	<i>Geographical Detector</i> , <i>GLOBAL MORRALLI</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da Quadro 5, pode-se observar que Wang *et al.* (2018) tinham como objetivo fornecer uma base para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano. Zhang *et al.* (2017a) buscaram contribuir para a formulação do planejamento do uso do solo urbano. Já Zhang *et al.* (2017b) se concentraram em estudar a relação entre o ambiente construído e o congestionamento de tráfego. Wang *et al.* (2018) utilizaram as informações de detectores e câmeras de trânsito através dos SCATS, que é um sistema australiano de controle de tráfego em tempo real, que pode alterar o tempo dos semáforos de acordo com as mudanças no fluxo de veículos, utilizando os *Point Of Interest* (POIs) da cidade analisada. Zhang *et al.* (2017a) também utilizaram, os POIs, da cidade e um web Crawler, que capturam informações das páginas, para obter as informações desses pontos de interesse, e juntá-los com as informações do SIG, que conecta dados ao mapa e combina dados de localização com várias informações descritivas. Por outro lado, Zhang *et al.* (2017b) obtiveram os dados através da empresa *Qiangshen Company*, que

fornece serviços de transporte de táxi e minibus e, ao qual, disponibilizaram informações do táxi, longitude e latitude e velocidade dos deslocamentos realizados durante 24h.

Em termos de tratamento dos dados, Wang *et al.* (2018) realizaram uma análise empírica com base em suas experiências e nos dados obtidos. Já Zhang *et al.* (2017a) aplicaram uma função de agrupamento padrão, o *K-Means*, levando em consideração os padrões de velocidade. Zhang *et al.* (2017b) também utilizaram uma função de agrupamento, o *Fuzzy C-Means*, ao qual permite que um ponto possa pertencer a vários clusters ao mesmo tempo de acordo com seu grau de associação. Neste caso, os autores se basearam no atributo de tempo de congestionamento para a formação dos clusters.

Para a análise de dados, Zhang *et al.* (2017b) utilizaram 12 fatores como o tipo de estrada, comprimento do segmento de estrada, distância até a rampa mais próxima, número de estações de ônibus ao longo do segmento rodoviário por 100m, distância até a estação de metrô mais próxima, a localização relativa aos anéis das vias expressas urbanas, número de estacionamentos abertos à sociedade em um raio de 500m por 100m, número de escolas em 500m por 100m, distância até o hospital mais próximo, área comercial, área residencial, área de transporte. Foi utilizado a ferramenta *Geographical Detector*, aplicando o *GLOBAL MORRALL* para realizar uma correlação espacial e testar se os objetos observados possuem similaridades com os objetivos de adjacência espacial. Os autores indicam que há uma relação dos fatores apontados acima com o congestionamento, mostrando que em áreas onde não há presença de tantos fatores, o trânsito tende a fluir melhor. Zhang *et al.* (2017a) consideram 5 fatores que correspondem ao tipo de área a qual aquele terreno pertence, sendo elas terrenos educacionais, terrenos comerciais, terrenos residenciais, terrenos industriais e terrenos de lazer. Aplicando regressão linear múltipla e a ferramenta IBM SPSS *Statistics* 19.0 para testar a correlação entre o trânsito e os tipos de terreno. Os autores apontam que há uma correlação positiva entre o tipo de terreno e o tempo de congestionamento. Por fim, Wang *et al.* (2018) consideraram os mesmos 12 fatores de Zhang *et al.* (2017b), realizando uma análise empírica. Eles concluíram que os horários de picos da manhã e noite cobrem a grande parte de tempo de congestionamento, onde viram que o pico da manhã é o mais crítico, sugerindo então que o pico da manhã teria como explicação a viagem das pessoas de casa ao trabalho, e ele é maior que o da noite pois ocorre que as pessoas podem ter horários de saídas diferentes e que nem sempre eles fazem o trajeto para casa, podendo ir a algum outro lugar.

Os trabalhos correlatos descritos apresentam técnicas e ferramentas de como fazer análise do trânsito e do ambiente para chegar em conclusões socioeconômicas em relação a população local. Este trabalho se propõe a fazer uma análise comportamental do trânsito de Blumenau em relação a aspectos socioeconômicos. Com isso, se propõe a utilizar as imagens disponibilizadas pela SETERB para monitorar a movimentação de veículos em uma determinada área. O tráfego do local será estabelecido via análise de imagens utilizando algoritmos de detecção de objetos da rede neural convolucional Yolo V3. Além disso, também se levará em consideração informações da região (comércios, escolas, densidade populacional etc.), horários e dias da semana e do mês, bem como o impacto das mudanças climáticas e fornecimento de combustível. Para tanto, pretende-se comparar e observar uma mesma região em diferentes períodos, como períodos com ou sem aulas, bem como comparações com regiões semelhantes. Também acredita-se que a complexidade deste trabalho encontra-se em quantificar as relações do fluxo do trânsito, que a partir desses valores será possível mensurar o seu comportamento. Contudo, este trabalho se torna relevante, pois será o primeiro estudo voltado ao trânsito de Blumenau. A partir disso, espera-se determinar quais fatores têm maior impacto no comportamento do tráfego, e que eventualmente, possam ajudar na gestão ou na identificação de qual período torna-se viável utilizar o trânsito.

### 3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

O modelo computacional a ser desenvolvido deverá:

- a) permitir que o usuário faça o cadastro da localização das câmeras que capturam as imagens no trânsito (Requisito Funcional - RF);
- b) permitir que o usuário faça o upload dos vídeos que serão usados para detectar o fluxo de veículos na região (RF);
- c) utilizar algoritmos de detecção de objetos, tais como o Yolo V3, para realizar a detecção e contagem dos veículos (RF);
- d) vincular informações socioeconômicas obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aos segmentos de trânsito a serem analisados (RF);
- e) calcular a função de deslocamento e a capacidade limite de tráfego (RF);
- f) calcular a função de desempenho ou curva de operação da via (fluxo livre, congestionamento, demanda maior que a capacidade) (RF);
- g) estabelecer a previsão do atraso e da formação de filas (RF);
- h) gerar ranking dos fatores que mais influenciam no trânsito (comércios, escolas, hospitais etc.) (RF);
- i) ser desenvolvido na linguagem de programação Python (Requisito Não Funcional - RNF);
- j) utilizar um banco de dados não relacional para guardar os dados gerados (RNF);
- k) utilizar o Keras para o auxílio na utilização de um algoritmo de detecção de objetos (RNF).

### 3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: pesquisar trabalhos correlatos e entender os assuntos relacionados à mobilidade urbana e monitoramento, fatores que estabelecem seu comportamento, sistemas de monitoramento de tráfego;
- coleta de imagens de câmeras de trânsito: coletar as imagens que serão usadas nos testes do método proposto. Além da utilização da base de imagens disponibilizadas pela SETERB serão pesquisadas opções de bases de dados públicas;
- rotulação das imagens coletadas: rotular as imagens que serão utilizadas, permitindo assim que o algoritmo detecção de objetos possa ter sua assertividade testada;
- pesquisa e escolha do método de detecção de objetos: pesquisar os principais algoritmos de detecção de objetos, escolhendo o mais adequado para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente será utilizado o Yolo V3;
- desenvolvimento: desenvolver o método de detecção, correlacionando a localização das informações do item (e), utilizando a linguagem de programação Python e a biblioteca Yolo V3;
- validação do método de detecção de objetos: verificar a assertividade do método proposto a partir do percentual de objetos detectados corretamente, e caso necessário, alterar os requisitos para atender o problema a ser resolvido;
- obtenção das informações socioeconômicas: obter informações regionais, dentre elas, localização de escolas, comércio, indústrias e densidade através de bases de dados públicas tais como, a do IBGE;
- correlação das informações: a partir dos itens (e) e (g) correlacionar e armazenar as informações em um banco de dados;
- levantamento de formas para calcular a demanda, oferta e operação viária: pesquisar equações que possam estabelecer o comportamento do fluxo do trânsito;
- implementação das métricas de fluxo: a partir dos itens (h) e (i) implementar as equações utilizando a linguagem Python e disponibilizados seus resultados na forma de ranking;
- validação do comportamento: em paralelo ao desenvolvimento, verificar a assertividade do modelo computacional para estabelecer o fluxo de veículos em uma dada região e o seu comportamento levando em consideração informações locais, e caso necessário, alterar os requisitos para atender o problema a ser resolvido.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 6.

Quadro 4 – Cronograma de atividades a serem realizadas

etapas / quinzenas	2021						2022											
	nov.		dez.		jan.		fev.		mar.		abr.		maio		jun.			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico																		
coleta de imagens de câmeras de trânsito																		
rotulação das imagens coletadas																		
pesquisa e escolha do método de detecção de objetos																		
desenvolvimento																		
validação do método de detecção de objetos																		
obtenção das informações socioeconômicas																		
correlação das informações																		
levantamento de formas para calcular a demanda, oferta e operação viária																		
implementação das métricas de fluxo																		
validação do comportamento																		

Fonte: elaborado pelo autor.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta seção está dividida em três subseções. A seção 4.1 conceitua mobilidade urbana. Já a seção 4.2 discorre sobre comportamento da mobilidade urbana. Por fim, a seção 4.3 aborda monitoramento do trânsito.

### 4.1 MOBILIDADE URBANA

Com o crescimento populacional, especialmente o crescimento da população urbana, traz grandes desafios relacionados à infraestrutura urbana. Muitas pessoas vivem em assentamentos anormais e têm pouco acesso a serviços médicos, educação e mobilidade urbana. De fato, este último pode ser decisivo para o crescimento desordenado, pois o valor das casas próximas ao centro da cidade é alto, e a população se afasta cada vez mais, sendo necessária infraestrutura para chegar a esses locais (ANDRADE; GALVÃO, 2016).

Devido ao rápido desenvolvimento das cidades no Brasil desde a década de 1950, muitas cidades e regiões metropolitanas passaram a ter sistemas de transporte de baixa qualidade e alto custo, o que impacta negativamente na vida das pessoas, na economia e na sociedade. Portanto, estudar as condições efetivas de mobilidade por classe social, consumo e fatores externos relacionados é fundamental para avaliar a qualidade de vida nas cidades do país e identificar ações de políticas públicas que possam reduzir os problemas de mobilidade urbana, aumentando assim a eficiência da mobilidade (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2011).

A mobilidade é inerente às relações humanas e sociais. Para se locomover, o indivíduo pode contar com meios próprios, como os pés, e com equipamentos e tecnologia, como por exemplo, a utilização de veículos automotores. Também é limitado pelo espaço em que ocorre seu movimento (como a cidade) e pela forma de movimento, que é a produção e o produto dessas relações interpessoais. Portanto, mobilidade é a relação entre um indivíduo e seu espaço disponível e disponibilidade (BUOSI, 2018 apud BOHUSCH, 2013).

Dentre as relações interpessoais que ocorrem nas cidades, o sistema político hegemônico desempenha um papel seletivo na configuração da rede de transportes que protege a especulação imobiliária, fazendo com que a movimentação de pessoas e mercadorias ocorra de forma desigual. Ao mesmo tempo, promovem a integração, estimulam a divisão, isolam alguns lugares e conferem às organizações territoriais características de relações de poder fluidas (BUOSI, 2018 apud PEREIRA, 2009).

A partir deste contexto, a mobilidade urbana pode ser entendida como a capacidade dos indivíduos de se movimentarem de acordo com a infraestrutura de transporte disponível. É a facilidade de movimentar pessoas e mercadorias no centro da cidade, viajar no espaço urbano não só considera a ocorrência, mas também as possibilidades que a cidade oferece (BUOSI, 2018 apud ALVES; RAIA JUNIOR, 2009). O conceito de mobilidade refere-se ao fluxo de pessoas, bens e informações e conecta o local de trabalho com bens de consumo, família e espaços de entretenimento, compras e amizade. Portanto, é um conceito combinado com o conceito de vizinho. Este conceito está relacionado a questões políticas, questões ambientais e sustentabilidade urbana (BUOSI, 2018).

O aumento da mobilidade tem impactado negativamente o meio ambiente local e global, a qualidade de vida e o desempenho econômico das cidades. Esses impactos incluem congestionamento, emissão de poluentes, ruído, fragmentação da comunidade, acidentes, uso de energia não renovável e produção de resíduos sólidos. A fim de complicar ainda mais os problemas existentes, medidas para mitigar esses efeitos levaram ao aumento dos custos de expansão da infraestrutura urbana (COSTA, 2008 apud BERTOLINI et al., 2008).

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2011), problemas relacionados à movimentação de pessoas e mercadorias nos centros urbanos afetam diretamente a qualidade de vida da população, geram externalidades no transporte e na produção, e no desempenho econômico das atividades urbanas. Além disso, o sistema de transporte ineficiente tem agravado a desigualdade socioespacial e pressionado as frágeis condições de equilíbrio ambiental do espaço urbano, o que obriga o governo a adotar políticas públicas consistentes com o objetivo maior de construir o transporte urbano, perspectivas socioambientais são sustentáveis.

#### 4.2 COMPORTAMENTO NA MOBILIDADE URBANA

De acordo com Afrin e Yodo (2020), o congestionamento em cidades ou áreas metropolitanas pode ocorrer por diversos motivos, como excesso de demanda, sinais, acidentes, áreas de trabalho, eventos climáticos ou especiais. De um modo geral, o congestionamento do tráfego rodoviário pode ser dividido em duas categorias, congestionamentos recorrentes e congestionamentos não recorrentes. Ainda segundo os autores, na maioria das metrópoles, os viajantes enfrentam congestionamentos de tráfego durante os horários de pico todos os dias. De acordo com dados da Federal Highway Administration (FHWA), aproximadamente metade do congestionamento vivenciado pelos usuários do trânsito é recorrente. O congestionamento não recorrente geralmente ocorre devido a eventos imprevisíveis, como acidentes de trânsito, áreas de trabalho, clima ou outras condições específicas. O congestionamento não recorrente causará novo congestionamento fora dos horários de pico e aumentará o atraso devido ao congestionamento repetido.

Para os congestionamentos recorrentes, um dos principais motivos são gargalos e problemas de capacidade. Os gargalos costumam ocorrer durante os horários de pico do tráfego, quando o número de faixas convergentes em rodovias, pontes ou túneis excede o número de faixas para essas instalações. Isso também pode acontecer quando a demanda ultrapassa a capacidade da estrada. A capacidade de qualquer estrada representa a quantidade máxima de tráfego que pode ser tratada. A capacidade pode ser determinada pelo número e largura das faixas, o comprimento das interseções nos nós e o alinhamento da estrada. Outro motivo é a infraestrutura insuficiente. Ela também é uma das causas mais importantes de congestionamento, especialmente em áreas densamente povoadas. Devido ao maior índice populacional, o número de veículos também está aumentando. Quando a quantidade de infraestrutura existente não suportar mais e mais carros, ocorrerá congestionamento (AFRIN; YODO, 2020).

Há também o motivo de mudanças no fluxo de tráfego, que ocorrem quando mudanças na demanda de tráfego diária resultam em um volume de tráfego maior em determinados dias do que em outros dias. Quando essas demandas variáveis não correspondem à capacidade fixa, ocorrem atrasos. Finalmente, existe o problema de

controladores de tráfego insuficientes. Controladores (como semáforos, sinais de parada, desaceleração ou travessias de ferrovias) mal cronometrados pode interromper o fluxo regular do tráfego, levando a congestionamentos e flutuações no tempo de viagem (AFRIN; YODO, 2020).

Segundo Afrin e Yodo (2020), nos congestionamentos não recorrentes, um dos principais motivos são os acidentes de trânsito ou acidentes. As formas mais comuns de acidentes são colisões, mal funcionamento e destroços de veículos nas vias de tráfego. Esses incidentes atrapalham o fluxo normal do tráfego, muitas vezes bloqueando as vias, o que leva ainda mais à redução da capacidade. Outro motivo são as zonas de trabalho. As zonas de trabalho referem-se às atividades de construção de estradas realizadas por meio das modificações físicas do ambiente viário. Essas mudanças resultam em uma redução no número ou largura das faixas, "mudanças" de faixa, saídas de faixa, redução ou eliminação de acostamentos e fechamentos temporários de estradas.

**Comentado [DSdR1]:** Não seria incidentes ... pois aparece duas vezes acidentes.

O clima também é classificado como uma causa não recorrente, em que mudanças no ambiente ou nas condições climáticas afetarão o fluxo do tráfego e o comportamento do motorista. Eles também podem modificar os sistemas de controle de tráfego, como sinais e cruzamentos ferroviários, e as condições das estradas. Devido às más condições das estradas causadas pelo mau tempo, ocorrem aproximadamente 28% dos acidentes de viação e 19% das mortes. Além disso, a velocidade e o volume do veículo são afetados pelo clima, como ventos fortes e chuvas fortes. Também existem outros eventos especiais, onde as mudanças na demanda de tráfego para eventos específicos são geralmente diferentes dos padrões de tráfego usuais. Essas atividades incluem eventos esportivos (dias de jogos), concertos ou outros eventos sociais. Em circunstâncias especiais, um aumento repentino na demanda de tráfego pode sobrecarregar o sistema e causar congestionamento (AFRIN; YODO, 2020).

No contexto social, fatores como as dimensões do espaço urbano, a complexidade das atividades nele desenvolvidas, a disponibilidade de serviços de transporte e as características demográficas, principalmente em termos de renda, idade e gênero, afetarão a mobilidade. As condições de mobilidade afetam diretamente o desenvolvimento econômico da cidade, a interação social e o bem-estar dos residentes (COSTA, 2008). Por esses motivos, pode-se dizer que o problema de liquidez é multidimensional e não envolve inteiramente problemas relacionados aos meios de transporte. Além dos aspectos relacionados ao planejamento físico e à organização da cidade, também envolvem questões mais complexas do cotidiano. Por sua vez, todos esses fatores terão impacto direto na sustentabilidade da cidade. Por fim, pode-se afirmar que o problema da mobilidade em diferentes formas e dimensões tem levado a um declínio na qualidade de vida da população urbana (COSTA, 2008). Além disso, outros fatores, como a variação da inflação, significam mudanças significativas no consumo. Os supermercados estão cada vez mais participando das atividades comerciais, fazendo com que as compras não ocorram mais na comunidade, aumentando a mobilidade dos carros e reduzindo o tempo de execução das atividades principais, a flexibilidade os horários de execução das atividades principais (SANTOS 2009 apud MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2006) e a conveniência de comprar um carro fazem com que algumas pessoas que não podiam comprar um carro se tornem cada vez mais móveis (SANTOS 2009 apud ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, 2006).

#### 4.3 MONITORAMENTO DO TRÂNSITO

Ao longo dos anos, governos, legisladores, pesquisadores e profissionais do setor público e privado fizeram várias tentativas para minimizar as perdas causadas pelo congestionamento. De acordo com as observações, o monitoramento correto das condições de tráfego é o primeiro passo para o estabelecimento de um sistema de gerenciamento de controle de tráfego eficaz. Ao fazer isso, o nível de congestionamento pode ser quantificado em tempo e medidas preventivas podem ser iniciadas antes do horário de pico do congestionamento. Ao planejar o gerenciamento de tráfego durante eventos especiais, também pode ser benéfico medir o possível congestionamento (AFRIN; YODO, 2020).

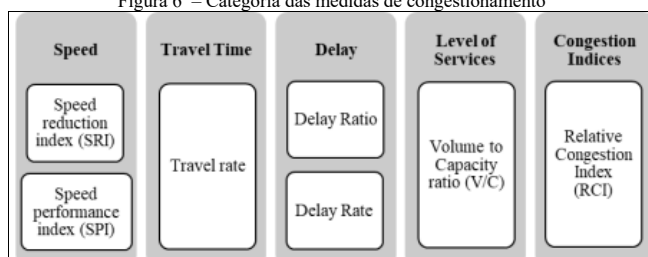
Atualmente, uma variedade de medidas de congestionamento de tráfego estão disponíveis, dependendo de vários critérios de desempenho, como velocidade, tempo de viagem, atraso, nível de serviço ou outros indicadores. No entanto, não existe um método geral fixo para medir as condições de tráfego atuais. Por exemplo, o U.S. Department of Transportation (DOT) usou o tempo de congestionamento, o índice de tempo de viagem e o índice de tempo de planejamento em seu relatório anual de tendência de congestionamento 2016-2018. O Ministério de Segurança Pública da China escolheu a velocidade média de uma estrada municipal para mostrar a situação de congestionamento. Um dos desafios é encontrar a medida mais adequada para a análise do tráfego rodoviário a partir dessas medidas abrangentes (AFRIN; YODO, 2020).

**Comentado [DSdR2]:** Department Of Transportation

Afrin e Yodo (2020) apontam que para quantificar o grau de congestionamento, considerando diferentes padrões de desempenho, várias medidas de congestionamento foram desenvolvidas. De acordo com esses critérios, as medidas de congestionamento podem ser divididas em cinco categorias: *Speed*, *Travel Time*, *Delay*, *Level of Service* (LoS) e *Congestion Index*, conforme ilustra a Figura 3.



Figura 6 – Categoria das medidas de congestionamento



Fonte: Afrin e Yodo (2020).

No bloco *Speed*, encontra-se o *Speed Reduction Index* (SRI) que é a proporção da mudança de velocidade relativa entre as condições de fluxo livre e congestionado. Também há o *Speed Performance Index* (SPI), sendo utilizado para avaliar as condições do tráfego rodoviário urbano. No bloco *Travel Time*, o *Travel Rate* refere-se à taxa de movimento para um segmento de estrada ou viagem particular que pode ser representado pela proporção do tempo de viagem do segmento pelo comprimento do segmento. No bloco *Delay*, tem-se o *Delay Rate*, que é a taxa de perda de tempo para veículos que operam durante o congestionamento para um segmento de rodovia específico ou viagem. Também consta o *Delay Ratio* que pode ser calculada pela razão da taxa de atraso e a taxa de viagem real, sendo usado para comparar os níveis relativos de congestionamento em diferentes estradas. Em seguida, existe o bloco *Level of Service* (LoS) que pode ser determinado pela densidade, velocidade, relação entre volume e capacidade e taxa máxima de fluxo de serviço. É uma classificação que varia de A (fluxo livre) à F (Fluxo de decomposição). Por último, o bloco *Congestion Indices*, o *Relative Congestion Index* (RCI) é a razão entre o tempo de atraso e o tempo de viagem de fluxo livre. E finalizando, o *Road Segment Congestion Index* (Ri) pode ser medido usando o estado normal do segmento de estrada e a duração do estado de não congestionamento no período de observação (AFRIN; YODO, 2020).

De acordo com Afrin e Yodo (2020), o congestionamento do tráfego é um problema global que representa um desafio para o desenvolvimento de um sistema de transporte resiliente e sustentável. Monitorar o fluxo de tráfego em uma área é uma das etapas iniciais para estabelecer um sistema de gerenciamento de tráfego apropriado ou aliviar o congestionamento. Uma vez que várias medidas de congestionamento estão disponíveis, pode haver uma dificuldade em considerar várias medidas de congestionamento na análise do tráfego rodoviário. É importante avaliar as medidas disponíveis para encontrar as medidas de congestionamento adequadas para a análise do tráfego rodoviário.

Segundo Tsuboi (2021), para entender o fluxo de tráfego há diferentes formas de se coletar dados, tais como: usar sistemas de monitoramento de tráfego, como câmeras de vigilância de tráfego, smartphones, sistemas de navegação de veículos, câmeras drone, sensores de câmera 3D, câmeras infravermelhas e outras tecnologias de detecção que coletam diretamente o movimento do veículo para medir as condições do. Mas, o problema é como coletar dados de tráfego precisos, como fluxo de tráfego real. Neste sentido, a câmera de vídeo, por exemplo, tem várias funções, como contagem do número de veículos na estrada, velocidade média, densidade do tráfego e taxa de ocupação.

## REFERÊNCIAS

- AFRIN, Tanzina; YODO, Nita. A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient Transportation System. *Sustainability*, [S.l.], v. 12, n. 11, p. 4660-4683, 7 jun. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su12114660>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4660>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- ANDRADE, Josiane Nascimento; GALVÃO, Diogo Cavalcanti. O CONCEITO DE SMART CITIES ALIADO À MOBILIDADE URBANA. *Revista Hum@Nae: Questões controversas do mundo contemporâneo*, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 1-19, 2016. Disponível em: <https://revistas.esuda.edu.br/index.php/humanae/article/view/478>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- BAS, Erhan *et al.* Automatic Vehicle Counting from Video for Traffic Flow Analysis. **2007 Ieee Intelligent Vehicles Symposium**, [S.l.], p. 392-397, jun. 2007. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ivs.2007.4290146>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4290146?arnumber=4290146>. Acesso em: 25 set. 2021.
- BUOSI, Marcelo de Almeida. **Mobilidade inteligente**: proposta de framework de big data analytics para análise de dados de mobilidade urbana em uma smart city. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Centro de Ciências Socioeconômicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://sistemabuu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00004f/00004f56.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

COSTA, Marcela da Silva. **Um índice de mobilidade urbana sustentável**. 2008. 274 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-01112008-200521/publico/Tese\\_MCOSTA.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-01112008-200521/publico/Tese_MCOSTA.pdf). Acesso em: 18 nov. 2021.

GERLOUGH, Daniel L.; HUBER, Matthew J. **Traffic Flow Theory**: a monograph. Washington, D.C: Trb, 1975. 233 p. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00004f/00004f56.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

GOVERNMENT, Nsw. **SCATS**. Disponível em: <https://www.scats.nsw.gov.au/>. Acesso em: 30 set. 2021.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Ministério da Economia. **A mobilidade urbana no Brasil**. 2011. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8589](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=8589). Acesso em: 18 nov. 2021.

PUMATRONIX. **Quem Somos**. 2021. Disponível em: <https://pumatronix.com/quem-somos/>. Acesso em: 30 set. 2021.

SANTOS, Liliã da Silva. **Análise da influência da variação espacial da oferta de um modo de transporte público urbano no comportamento de viagem de seus usuários**. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4185/1/2009\\_LiliãdaSilvaSantos.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4185/1/2009_LiliãdaSilvaSantos.pdf). Acesso em: 30 set. 2021.

SILVA, Paulo Cesar Marques da. **Teoria do fluxo de tráfego**: engenharia de tráfego. ENGENHARIA DE TRÁFEGO. 1994. Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/teoria-do-fluxo-de-traffic.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

TSUBOI, Tsutomu. Traffic Flow Analysis and Management. **Design Of Cities And Buildings - Sustainability And Resilience In The Built Environment**, [S.l.], p. 1-15, 2 jun. 2021. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.95087>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/75082>. Acesso em: 29 set. 2021.

WANG, Shiguang *et al.* Analyzing urban traffic demand distribution and the correlation between traffic flow and the built environment based on detector data and POIs. **European Transport Research Review**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 10-50, jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12544-018-0325-5>. Disponível em: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-018-0325-5>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZHANG, Kaisheng *et al.* Analyzing spatiotemporal congestion pattern on urban roads based on taxi GPS data. **Journal Of Transport And Land Use**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 675-694, 19 jun. 2017a. Center for Transportation Studies. <http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2017.954>. Disponível em: <https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/954>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZHANG, Tianqi *et al.* Impact Analysis of Land Use on Traffic Congestion Using Real-Time Traffic and POI. **Journal Of Advanced Transportation**, [S.l.], v. 2017b, p. 1-8, 2017. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/7164790>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2017/7164790/>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZOU, Zhengxia *et al.* **Object Detection in 20 Years**: a survey. *Corr*, [S.l.], v. /190505055, p. 1-39, 28 maio 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1905.05055>. Acesso em: 30 set. 2021.

# FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO BCC – PROFESSOR TCC I

Avaliador(a): Dalton Solano dos Reis

ASPECTOS AVALIADOS		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?	X		
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	4. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?	X		
	5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
	6. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		
	7. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?	X		
	8. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?	X		
	9. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?	X		
As citações obedecem às normas da ABNT?		X		
Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?		X		

O projeto de TCC será reprovado se:

- qualquer um dos itens tiver resposta NÃO ATENDE;
- pelo menos 4 (quatro) itens dos **ASPECTOS TÉCNICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE; ou
- pelo menos 4 (quatro) itens dos **ASPECTOS METODOLÓGICOS** tiverem resposta ATENDE PARCIALMENTE.

**PARECER:** ( X ) APROVADO ( ) REPROVADO

# Revisão do Pré-projeto

**Disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso I – BCC**

Caro orientando,

segue abaixo o Termo de Compromisso, as DUAS revisões do seu pré-projeto contendo a avaliação do professor “avaliador” e professor “TCC1”, junto com as avaliações da defesa na banca de qualificação. É muito importante que revise com cuidado e discuta possíveis dúvidas decorrente das revisões com o seu professor orientador, e com o professor de TCC1. Sempre procure fazer todos os ajustes solicitados, até mesmo o menores detalhes, pois todos são importantes e irão refletir na sua nota nesta disciplina.

Mas, caso o professor orientador julgue que algumas anotações das revisões não devam ser feitas, ou mesmo que sejam feitas de forma diferente a solicitada pelo revisor, anexe ao final do seu projeto a ficha “Projeto: Observações – Professor Orientador” disponível no material da disciplina, e justifique o motivo.

Lembrem que agora o limite de páginas do projeto é no máximo 12 (doze) páginas. E que a seção de “Revisão Bibliográfica” deve ser complementada.

Atenciosamente,

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – BACHARELADO

**TERMO DE COMPROMISSO**

<b>I – IDENTIFICAÇÃO DO ALUNO</b>	
Nome:	Célio Rodrigues Junior
CV Lattes:	<a href="http://lattes.cnpq.br/9119404647834422">http://lattes.cnpq.br/9119404647834422</a>
E-mail:	<a href="mailto:celrodrigues@furb.br">celrodrigues@furb.br</a>
Telefone:	(47) 99176-5793
<b>II – IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO</b>	
Título provisório:	ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TRÂNSITO DE BLUMENAU EM RELAÇÃO A ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS
Orientador:	Aurélio Faustino Hoppe
Coorientador (se houver):	
Linha de Pesquisa:	<input type="checkbox"/> Tecnologias aplicadas à informática na educação <input checked="" type="checkbox"/> Tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de sistemas
<b>III – COMPROMISSO DE REALIZAÇÃO DO TCC</b>	
Eu (aluno):	Célio Rodrigues Junior
comprometo-me a realizar o trabalho proposto no semestre 2022/1, de acordo com as normas e os prazos determinados pela FURB, conforme previsto na resolução nº.20/2016.	
Assinatura:	NÃO É NECESSÁRIO – Encaminhar por mail ao orientador
<b>IV – COMPROMISSO DE ORIENTAÇÃO</b>	
Eu (orientador):	
comprometo-me a orientar o trabalho proposto no semestre 2022/1, de acordo com as normas e os prazos determinados pela FURB, conforme previsto na resolução nº.20/2016.	
Assinatura:	NÃO É NECESSÁRIO – Encaminhar por mail ao professor de TCC I

Blumenau, 12 de agosto de 2021

# CITAR A FONTE. SE ESTÁ CONSIDERANDO A DO GERLOUGH, HUBER, 1975) RECOMENDOU BUSCAR UMA MAIS ATUAL.CITAR A FONTE. SE ESTÁ CONSIDERANDO A DO GERLOUGH, HUBER, 1975) RECOMENDOU BUSCAR UMA MAIS ATUAL.ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TRÂNSITO DE BLUMENAU EM RELAÇÃO A ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Célio Rodrigues Junior

Prof. Aurélio Faustino Hoppe – orientador

## 1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia, carros e motocicletas ficaram relativamente baratos, tanto no Brasil quanto em outros países do mundo. Por outro lado, com o aumento da frota de veículos, escancara-se um dos grandes problemas das cidades, o congestionamento. Com base nesse problema, estudos científicos do fluxo de tráfego tiveram seu início na década de 1930 e se desenvolveram, através de várias teorias, o que compõe a teoria do fluxo de tráfego (GERLOUGH; HUBER, 1975).

Segundo Da Silva (1994), a teoria do fluxo de tráfego consiste na aplicação de conceitos da matemática, da teoria da probabilidade e da física à descrição do comportamento do tráfego veicular rodoviário. São estudados desde fluxos de tráfego vistos como meios indivisíveis até os menores elementos que os compõem (veículos) vistos individualmente.

Bas *et al.* (2007) destacam que são criadas constantemente várias ferramentas para simular ou analisar o trânsito e, um dos recursos mais utilizados são as câmeras de vídeo. As câmeras de vídeo foram introduzidas pela primeira vez no gerenciamento de tráfego para vigilância rodoviária, transmitindo imagens de circuito fechado de televisão a um operador humano para interpretação. Os sistemas de gerenciamento de tráfego atuais utilizam processamento de vídeo digital para analisar automaticamente a cena de interesse e extrair informações para monitoramento de tráfego.

De acordo com Zou *et al.* (2019), uma das formas de se converter imagens em dados de fluxos, é através de aprendizado de máquina, como por exemplo, utilizando algoritmos de detecção de objetos. A detecção de objetos é uma importante tarefa de visão computacional que é usada para detectar instâncias de categorias específicas de objetos visuais, como carros em imagens digitais. O objetivo da detecção de objetos é desenvolver modelos computacionais e tecnologias para fornecer uma das informações mais básicas necessárias para aplicações de visão computacional, que é quais objetos estão na cena e onde eles estão. Ainda segundo os autores, a detecção de objetos tornou-se amplamente usada em muitas aplicações práticas, como direção autônoma, visão de robô, vigilância por vídeo etc.

Segundo Zou *et al.* (2019), nos últimos anos, vários estudos foram realizados sobre o tráfego usando visão computacional e aprendizado de máquina. Grande parte dessas pesquisas tiveram como foco as principais cidades do mundo, como por exemplo Xangai, na China. Nessas metrópoles, por serem em países desenvolvidos e com mais recursos financeiros, já existem ferramentas de análise de tráfego, o que facilita a obtenção de dados e análises. Como exemplo de ferramenta, pode-se destacar o *Sydney Coordinated Adaptive Traffic System* (SCATS). Segundo a fornecedora, *NSW Government* (2021), SCATS é um sistema de controle de tráfego projetado para otimizar o fluxo de tráfego. Dados são processados em tempo real, através de algoritmos inteligentes, para ajustar o tempo para responder aos sinais de tráfego em situações inesperadas, prever padrões de tráfego e manter o fluxo de tráfego. Além disso, há também a Pumatronix que trabalha com pesquisa e desenvolvimento de soluções para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) que contribui para a mobilidade urbana e rodoviária, segurança, modernização das cidades, e fiscalização no trânsito (PUMATRONIX, 2021). Em contrapartida no Brasil, especialmente nas cidades não metropolitanas, não é fácil obter dados e ferramentas de análise. Ainda de acordo com Zou *et al.* (2019), no país, devido à dificuldade de acesso a essas ferramentas, é difícil analisar as interferências e os fatores que afetam o trânsito, o que torna difícil analisar e gerenciar o mesmo. Portanto, vê-se a necessidade de um sistema de análise de tráfego que possa contribuir para as decisões relacionadas ao tráfego com base em números quantitativos e estruturados de acordo com o que está ao seu redor em cenários regionalizados.

Diante deste contexto, esse trabalho se propõe a criar um artefato computacional que estabelece o comportamento do fluxo do trânsito de Blumenau. Serão utilizadas técnicas de aprendizado de máquinas e visão computacional para coletar dados quantitativos sobre o trânsito de Blumenau. Assim como, também serão levados em consideração informações da região (comércios, escolas, densidade populacional etc.) em períodos espaciais e temporais distintos.

### 1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver um artefato computacional que seja capaz de estabelecer as relações básicas entre as variáveis de demanda, de oferta, de operação viária, de localidade e socioeconômicas de vias pré-cadastradas da cidade de Blumenau.

**Comentado [ARV3]:** Citar a fonte. Se está considerando a do Gerlough, Huber, 1975) recomendou buscar uma mais atual.

**Comentado [ARV4]:** É possível compreender que, no momento, talvez ainda não se tenha clareza do que será desenvolvido. Porém, a expressão "artefato computacional", ao meu ver, é bastante subjetivo para uma proposta de TCC. Se possível, limitar a(s) possibilidade(s)...

**Comentado [ARV5]:** Para mim, o termo acaba comprometendo um pouco a análise do(s) objetivo(s)...

Os objetivos específicos são:

- a) realizar a detecção dos veículos utilizando técnicas de processamento de imagem e aprendizado de máquinas;
- b) criar uma base de dados unificada correlacionando os dados do fluxo do trânsito e informações socioeconômicas e da infraestrutura regional;
- c) classificar seções de estradas buscando evidências para estabelecer fatores que afetam o trânsito e os motivos de sua ocorrência.

## 2 TRABALHOS CORRELATOS

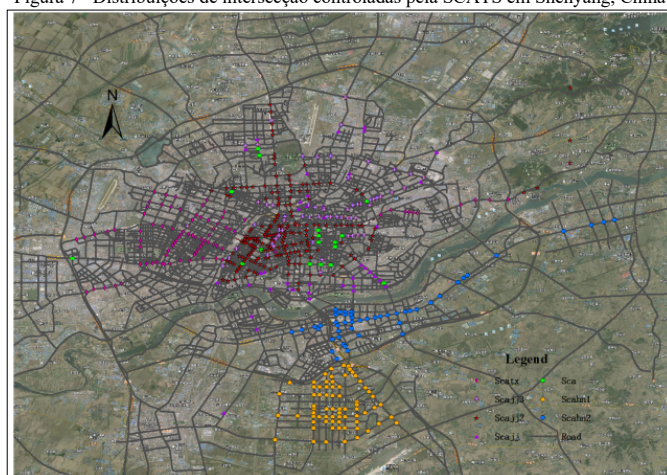
Neste capítulo são apresentados três trabalhos correlatos semelhantes ao proposto. A seção 2.1 apresenta uma análise empírica sobre o trânsito de Shenyang, na China (Wang *et al.*, 2018). Na seção 2.2 é apresentado um método de avaliação de pontos de congestionamentos por meio sistema de informação geográfica (Zhang *et al.*, 2017a). Por fim, na seção 2.3 é investigado um padrão de congestionamento de 24 horas da rede rodoviária através da velocidade (Zhang *et al.*, 2017b).

### 2.1 ANALYZING URBAN TRAFFIC DEMAND DISTRIBUTION AND THE CORRELATION BETWEEN TRAFFIC FLOW AND THE BUILT ENVIRONMENT BASED ON DETECTOR DATA AND POIS

Wang *et al.* (2018) desenvolveram um método de análise empírica via *Sidney Coordinated Adaptive Traffic System* (SCATS) e dados ambientais para compreender as características de distribuição temporal e espacial de tráfego das cidades a fim de obter evidências empíricas para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano além de verificar o quão universais podem ser os resultados, aplicando uma análise semelhante para cidades europeias. Segundo o autor, SCATS é um sistema australiano de controle de tráfego em tempo real, que pode alterar o tempo dos semáforos de acordo com as mudanças no fluxo de veículos. Por meio dos dados lidos pelos detectores, o sistema pode responder às mudanças no fluxo do veículo ao longo do dia e se adaptar a eventos aleatórios, como dias chuvosos e feriados, sem a intervenção do operador. Essa adaptação funciona 24 horas por dia, 365 dias por ano. Junto com o SCATS, existe também um sistema estatístico denominado *SCATS Traffic Reporter*, que publica relatórios sobre as informações coletadas pelo sistema SCATS, como a veículos durante o dia, para poder realizar pesquisas de gestão sobre estradas controladas pelo sistema.

Segundo Wang *et al.* (2018), as informações funcionais sobre a rede de tráfego rodoviário urbano foram obtidas do SCATS em Shenyang, na China, que é uma das maiores cidades na região nordeste da china tendo uma população automotiva de 1.46 milhões. Os sistemas SCATS da cidade tinham um total de 525 intersecções na área urbana principal da cidade, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7– Distribuições de intersecção controladas pela SCATS em Shenyang, China



Fonte: Wang *et al.* (2018).

Considerando a regularidade dos padrões de viagens dos residentes, Wang *et al.* (2018) selecionaram de forma randômica dados de um cruzamento típico e a estrada de entrada oeste que liga esse cruzamento, durante uma semana (de 29 de julho de 2014 a 4 de agosto de 2014). Do ponto de vista do fluxo total, com exceção domingo (3 de agosto de 2014), a demanda de tráfego neste cruzamento foi relativamente estável, e o dia em que ocorreu o maior número de tráfego foi na sexta-feira (1 de agosto de 2014).

Segundo Wang *et al.* (2018), os principais fatores ambientais construídos que afetam o estado do tráfego ou os comportamentos de viagem podem ser divididos em fatores relacionados ao tráfego e ao uso do solo. Com isso, o detector geográfico foi introduzido para avaliar os parâmetros ambientais construídos que podem ser responsáveis pelo estado do tráfego rodoviário. Além de fatores ambientais, Wang *et al.* (2018) se utilizaram de outros fatores para determinar o fluxo do tráfego, como por exemplo, os fatores de tipo de rua, números de estações de ônibus em um segmento de 100 metros, proporção de área comercial, dentre outros.

Wang *et al.* (2018) observaram que os horários de pico durante o dia concentram-se principalmente no pico da manhã (07h00-09h15) e no pico noturno (16h15-18h15). A frequência de pico dos dois picos juntos foi responsável por 82,22% do horário de pico. A taxa de fluxo máxima de um dia ocorre principalmente durante o período de pico da manhã, sendo responsável por 62.54% do horário de pico. Além disso, os autores descobriram que o fluxo do tráfego urbano estava concentrado principalmente em algumas estradas. Cerca de 66% das estradas de pequeno e médio porte cobrem cerca de 38% do fluxo de tráfego, e 34% das estradas de médio e grande porte atendem a cerca de 62% do fluxo de tráfego. Os autores também observaram que, de maneira geral, o fluxo nos cruzamentos durante os horários de pico aumenta à medida que aumenta o número de faixas de entrada. No entanto, diferentes conjuntos de amostras mostram que quando o número de faixas de entrada é 14, a capacidade máxima de suporte de cada tipo de indivíduo é a melhor.

Wang *et al.* (2018) mencionam que, em termos da distribuição temporal da demanda de tráfego, os horários de pico de diferentes cruzamentos e vias são considerados heterogêneos, revelando a flexibilidade do tempo de deslocamento. Os principais picos de viagens são os picos da manhã e da noite. O maior horário de pico do dia é pela manhã, o que indica que os destinos e as rotas das pessoas mudam depois que saem do trabalho, causando menos carga de tráfego para as estradas. Portanto, os autores acreditam que horários e locais de trabalho flexíveis são uma forma eficaz de reduzir o número de veículos e melhorar as condições de tráfego. Além disso, existe uma correlação linear positiva significativa entre o número de faixas e o fluxo médio de tráfego de serviço. Quanto maior o número de faixas, seja em estradas ou em cruzamentos, maior o número de veículos atendidos. No entanto, o valor máximo do fluxo de tráfego revela a diferença nas capacidades do serviço. Tais resultados talvez só sejam válidos neste caso, por isso mais dados de outras cidades são necessários para explorar se existem regras universais, pois para Wang *et al.* (2018) seria interessante explorar o quão universais são suas descobertas, conduzindo uma análise semelhante para cidades europeias e outras, para que possam ter uma melhor compreensão dos sistemas de transporte urbano.

## 2.2 IMPACT ANALYSIS OF LAND USE ON TRAFFIC CONGESTION USING REAL-TIME TRAFFIC AND POI

Zhang *et al.* (2017a) apresentaram um método de avaliação de pontos de congestionamentos por meio Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo uma alternativa eficaz frente aos modelos convencionais de quatro etapas que normalmente operam com base em dados de pesquisa individuais de alto custo, baixa precisão e baixa eficiência. Além disso, também não consideram informações geográficas, como as coordenadas de longitude e latitude, as categorias e as informações de localização específicas. Tendo o intuito de contribuir para a formulação de políticas de planejamento do uso do solo urbano, os autores exploraram a correlação entre o congestionamento do tráfego e diferentes atributos do uso do solo urbano, estabelecendo a evolução dos modelos geográficos do congestionamento do tráfego urbano.

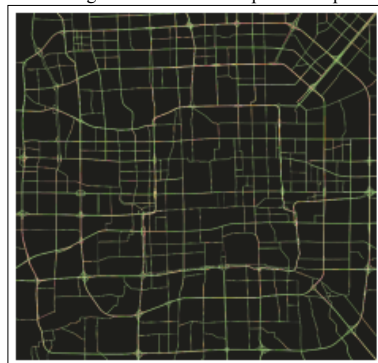
Zhang *et al.* (2017a) tentaram obter uma melhor classificação das *Points of Interest* (POI) de Pequim, que é uma boa representação do propósito de viagem dos residentes. Os resultados mostram que, trabalho, escola, compras, lazer e "ir para casa" são as principais razões para os residentes de Pequim viajarem, respondendo por cerca de 85% do volume total de viagens. Este estudo também extrai cerca de 90.000 POIs dentro do quarto anel viário em Pequim usando software web crawler, que são robôs usado por buscadores para encontrar e indexar páginas de um site. Os dados do POI possuem quatro tipos de informações: nome, categoria, longitude e latitude. Através do processamento, as características do uso do solo são determinadas e a relação entre o congestionamento do tráfego e os diferentes tipos de uso do solo são identificadas. A quantificação do POI focou na área edificada, que é o principal indicador da cidade em fase de planejamento, e reflete de forma objetiva os atuais indicadores populacionais, de emprego, socioeconômicos e específicos de desenvolvimento regional. Devido ao grande número de POIs, não era prático usar-se de todos, portanto, os POIs foram selecionados aleatoriamente para investigação. Na pesquisa de campo realizada em maio de 2016, entre 58 e 67 pontos de interesse foram selecionados aleatoriamente para cada tipo de uso de terreno.

Além das POIs, Zhang *et al.* (2017a) utilizaram informações de mapas vindas de aplicativos de mapas. Os aplicativos de mapas usam as informações dos estados das estradas para navegar pelas estradas e planejar as viagens dos motoristas. As imagens dos mapas nos motores de busca da web são compostas por diferentes camadas: camada inferior, camada do meio e a camada superior. Zhang *et al.* (2017a) utilizaram a camada superior que contém as informações de tráfego representadas nas cores vermelho, amarelo e verde. Os dados em tempo real foram coletados a cada 5 minutos, um total de 60 vezes por dia, no pico da manhã (7h00 às 9h30) durante a semana e no pico da noite (17h às 19h30), na primeira semana de março de 2016. A Figura 8 apresenta o resultado dos



dados obtidos, onde as linhas em vermelho representam áreas de congestionamento, as linhas em amarelo representam trânsito normal e as linhas em verde representam trânsito suave.

Figura 8 – O esquema do tráfego rodoviário em tempo real no pico da manhã do dia útil.



Fonte: Zhang *et al.* (2017a).

Depois de coletar os dados de tráfego em tempo real, Zhang *et al.* (2017a) transformaram manualmente os dados em vetores, armazenando-os em formato de camada ShapeFile, que é um formato de armazenamento vetorial digital usado para armazenar localização geométrica e informações de atributos relacionados. A partir disso, criou-se um programa escrito na linguagem de programação Python para avaliar os pixels e pontos discretos na camada vetorial com pigmento. O programa sobrepõe o tempo de congestionamento em um único horário acumulado durante cada período de pico da manhã/noite. Os autores usam o atributo de tempo de congestionamento para agrupar áreas congestionadas. Também é utilizado o método de interpolação para tornar o agrupamento razoável e mais próximo da situação real de todo o espaço. Zhang *et al.* (2017a) utilizaram regressão linear múltipla para determinar a relação entre o uso da terra e o congestionamento do tráfego. Neste caso, analisaram o tempo de congestionamento e a proporção de terra em cada área do cluster. As áreas selecionadas são cinco tipos de terrenos para residências, educacionais, comerciais, comerciais e de lazer. Como a variável dependente é ordenada e multi-classificada, a análise ordinal é realizada usando IBM SPSS *Statistics* 19.0, que é um serviço em nuvem que fornece recursos de análise estatística e disponibilidade.

Segundo Zhang *et al.* (2017a), os resultados mostram que o tempo de congestionamento está positivamente correlacionado com a proporção de terrenos empresariais, comerciais e educacionais. Isso ocorre porque as viagens nos picos de manhã e à noite durante a semana estão relacionados a ida à escola ou ao trabalho. Os autores descobriram que áreas com mais terrenos comerciais causarão sério congestionamento de tráfego, porque os moradores começam e terminam no mesmo horário (manhã e noite). Por outro lado, as áreas com uma proporção menor de terrenos comerciais são menos congestionadas porque os residentes têm tempos de viagem diferentes.

Zhang *et al.* (2017a) relatam que o método proposto é uma alternativa viável para analisar o congestionamento de tráfego a partir de dados de mapas online. Além disso, pode servir de orientação política, sendo uma referência para o planejamento do uso do solo urbano. Os autores ainda apontam que o modelo de regressão pode ajudar a prever e estimar a correlação entre o uso do solo e a intensidade do congestionamento, sem depender de modelos de tráfego mais complexos, como o método de tráfego de quatro etapas. Zhang *et al.* (2017) também destacam que são necessários outros testes em outras áreas buscando determinar um padrão de relação entre os tipos de terreno e o congestionamento de tráfego.

### 2.3 ANALYZING SPATIOTEMPORAL CONGESTION PATTERN ON URBAN ROADS BASED ON TAXI GPS DATA

Zhang *et al.* (2017b) investigaram o padrão de congestionamento de 24 horas da rede rodoviária através da velocidade, usando agrupamento *Fuzzy C-mean* (FCM) para classificar seções de estradas problemáticas em contínuas de baixa velocidade ou congestionamento não convencionais. Os autores tinham como intuito averiguar a relação entre o congestionamento do tráfego e o ambiente construído, incluindo fatores relacionados ao tráfego e ao uso do solo.

Segundo Zhang *et al.* (2017b), a coleta de dados foi feita a partir dos dados obtidos pelos táxis de Xangai, que foi coletada em 10 de abril de 2015, uma sexta-feira de intenso tráfego. Os dados foram fornecidos pela *Qiangshen Company*, empresa que fornece serviços de transporte de táxi e minibus, em uma competição online de dados abertos. A base de dados tem 114.633.142 registros e o intervalo de tempo é de 30 segundos. O registro original incluía ID de táxi, status, hora do sinal recebido, hora do sinal medido, longitude, latitude, velocidade etc.

Além disso, apenas as viagens de táxi ocupado foram utilizadas para geração de padrão de velocidade, porque um táxi vazio não refletiria as condições reais de tráfego causadas pela desaceleração para busca de passageiros, deslocamento ou redução do combustível durante o táxi vazio. Com foco no congestionamento de tráfego, considerando apenas as vias primárias e secundárias no centro de Xangai, um total de 853 trechos de estradas foram selecionados, que possuíam dados de tráfego e ambientais, representando os trechos com maior congestionamento durante a jornada de trabalho. Na preparação dos dados, Zhang *et al.* (2017b) descartaram alguns dos dados que não correspondem às estradas mais próximas em 15m, permanecendo imóveis por mais de 5 minutos, ou com velocidade acima de 120 km/h e desvio repentino de distância acima de 1 km/min. Trinta visitas por hora foram definidas como *threshold* para os segmentos, buscando evitar a propagação do erro.

Segundo Zhang *et al.* (2017b), se estabeleceu o padrão de velocidade a partir de 551 segmentos. A análise de *clustering* foi usada para agregar segmentos de estradas em grupos com base em padrões de velocidade. Inicialmente, o padrão de velocidade de cada segmento foi representado como um vetor de 24 dimensões. Um método de soft clustering, denominado *Fuzzy C-means* (FCM), faz com que os pontos de dados possam pertencer a vários clusters ao mesmo tempo por graus de associação, sendo mais preciso, de modo que os resultados do modelo numérico poderiam ser usados em métodos de regressão. Com isso, 4 clusters estão devidamente separados, o cluster 1 tem 235 objetos, o cluster 2 tem 177 objetos, o cluster 3 tem 107 objetos e o cluster 4 tem 32 objetos. O cluster 1 foi definido como uma “*Congested Segments*” com uma velocidade média de 22,58 km/h. Comparado com outros clusters, sua trajetória de velocidade é mantida em um nível baixo e a tendência é relativamente estável. A característica do Cluster 2 é que a velocidade é média, com média de 29,51 km/h, representando a “*Normal Speed Segments*”. O cluster 3 pode ser considerado um estado crítico, exibindo mudanças e flutuações de velocidade mais altas durante os horários de pico, por isso é marcado como uma “*Unimpeded Segments*”. A velocidade média é 41,11 km/h, sendo 7 km/h mais alta do que o Cluster 2, que é um valor relativamente pequeno. O limite de velocidade do segundo nível é 40 km/h. O cluster 4 é rotulado como “*High Speed Segments*”, com a maior velocidade média 61,63 km/h e o menor tamanho de amostra de 32.

Zhang *et al.* (2017b) analisaram 12 fatores que influenciam no tráfego, incluindo a distância até o hospital mais próximo, o número de estacionamentos a 500m e o número de escolas a 500m. O cluster FCM classifica as seções da estrada durante 24 horas, mas ainda é duvidoso se o tráfego e os fatores relacionados ao uso do solo têm um impacto significativo no congestionamento. O *Geographical detector* foi introduzido para julgar os parâmetros ambientais construídos. Os autores também utilizaram o *GLOBAL MORAN's I*, que mede a correlação espacial, testando se os objetos observados são semelhantes a objetos espacialmente vizinhos. Para o valor do intervalo *MORAN I*,  $[-1, 1]$ ,  $I = 0$  significa independência espacial completa,  $I > 0$  significa correlação positiva e  $I < 0$  significa correlação negativa. O *I* de MORAN é calculado cluster a cluster. Segundo os autores, todos os valores *I* de MORAN foram maiores que zero. Dessa forma, o detector geográfico e o do *I* de MORAN comprovaram a influência desses fatores nos resultados de agrupamento e na similaridade espacial dos trechos rodoviários próximos. Portanto, segundo Zhang *et al.* (2017b), os modelos espaciais envolvendo autocorrelação espacial e sistemas multivariados mostraram-se mais adequados. No entanto, também aplicou-se um atraso espacial denominado modelo de média móvel autorregressivo espacial misto (SARMA) para resolver dependências e erros de objetos mais próximos e com maior impacto.

Zhang *et al.* (2017b) destacam que no cluster 1, todos os fatores importantes mostram pressão de tráfego contínua. A estação rodoviária e os estacionamentos próximos também trouxeram um fluxo constante de tráfego. Para os segmentos de estradas pertencentes ao Cluster 1, 55,1% das escolas são universidades ou escolas profissionais. Além disso, a demanda por hospitais é muito elevada, estimulando o fluxo de transporte particular e táxis. Pequenos centros, como estações de ônibus ou de logística, costumam ser acompanhados por congestionamentos de tráfego intenso. O cluster 2 tem uma forte tendência de tráfego de oscilação. Fatores importantes que contribuem para o fenômeno do deslocamento incluem efeitos comerciais do uso do solo, estações de metrô e escolas. No entanto, fatores de influência como pontos de ônibus, estacionamentos e hospitais próximos tornaram-se menos significativos e a velocidade média geralmente aumentou. Em segmentos de estrada mais longas geralmente significa menos controle de sinal, o que também é um fator chave. As seções de estradas no cluster 3 são dominadas por estradas arteriais e fatores de interferência, como estações de ônibus e estacionamentos, diminuíram ou aumentaram, e a proporção de terreno para tráfego é extremamente alta. Para o cluster 4, a velocidade média dos principais objetos associados está próxima ao limite de velocidade de 60 km / h, e os fatores ambientais estabelecidos ao seu redor são semelhantes aos da periferia. Estações de ônibus de baixa densidade, estações de metrô e hospitais comprovam essa conclusão. De acordo com os resultados obtidos, Zhang *et al.* (2017b) apontam que a localização em relação ao anel rodoviário e a proporção de casas têm pouco efeito na formação de congestionamentos.

De acordo com Zhang *et al.* (2017b), embora os resultados sejam promissores, mais pesquisas são necessárias para melhorar o desempenho do modelo. Os autores também apontam que os dados de GPS de táxi não cobriam toda a área de Xangai, limitando-se principalmente às áreas urbanas. Além disso, apenas um dia da semana foi analisado, sendo necessário a análise de vários dias. Já em relação ao processo de análise espacial, o modelo proposto não considerou a interação de fatores ambientais. Por fim, Zhang *et al.* (2017b) destacam a análise

de curto prazo revelou algumas características importantes ou fenômenos óbvios que só aparecem durante os horários de pico.

### 3 PROPOSTA

Neste capítulo são definidas as justificativas de elaboração dessa ferramenta, assim como os requisitos funcionais, não funcionais e a metodologia aplicada.

#### 3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 5 é apresentado um comparativo dos trabalhos correlatos. As linhas representam as características e as colunas os trabalhos.

Quadro 5 - Comparativo dos trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos Características	Wang <i>et al.</i> (2018)	Zhang <i>et al.</i> (2017a)	Zhang <i>et al.</i> (2017b)
Objetivo	Fornecer evidências empíricas para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano	Contribuir para a formulação de políticas de planejamento do uso do solo urbano	Averiguar a relação entre o congestionamento do tráfego e o ambiente construído
Origem da Base de Dados	Detectores e Câmeras de Trânsito	Web crawler	GPS de Taxis
Obtenção dos Dados	SCATS e POIs	SIG e POIs	Dados Taxi fornecidos pela <i>Qiangshen Company</i>
Forma de Agrupamento	Análise Empírica	Cluster <i>K-Means</i>	Cluster <i>Fuzzy C-Means</i>
Fatores de Agrupamento	Não se aplica	Padrões de velocidade	Tempo de congestionamento
Número de Fatores levados em consideração	12	5	12
Técnica de Análise	Empírica	Regressão linear múltipla, IBM SPSS <i>Statistics</i> 19.0	<i>Geographical Detector</i> , <i>GLOBAL MORRALL</i>

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir da Quadro 5, pode-se observar que Wang *et al.* (2018) tinham como objetivo fornecer uma base para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano. Zhang *et al.* (2017a) buscaram contribuir para a formulação do planejamento do uso do solo urbano. Já Zhang *et al.* (2017b) se concentraram em estudar a relação entre o ambiente construído e o congestionamento de tráfego. Wang *et al.* (2018) utilizaram as informações de detectores e câmeras de trânsito através dos SCATS, que é um sistema australiano de controle de tráfego em tempo real, que pode alterar o tempo dos semáforos de acordo com as mudanças no fluxo de veículos, utilizando os *Point of Interest* (POIs) da cidade analisada. Zhang *et al.* (2017a) também utilizaram, os POIs, da cidade e um web crawler, que capturam informações das páginas, para obter as informações desses pontos de interesse, e juntá-los com as informações do SIG, que conecta dados ao mapa e combina dados de localização com várias informações descritivas. Por outro lado, Zhang *et al.* (2017b) obtiveram os dados através da empresa *Qiangshen Company*, que fornece serviços de transporte de táxi e minibus e, ao qual, disponibilizaram informações do táxi, longitude e latitude e velocidade dos deslocamentos realizados durante 24h.

Em termos de tratamento dos dados, Wang *et al.* (2018) realizaram uma análise empírica com base em suas experiências e nos dados obtidos. Já Zhang *et al.* (2017a) aplicaram uma função de agrupamento padrão, o *K-Means*, levando em consideração os padrões de velocidade. Zhang *et al.* (2017b) também utilizaram uma função de agrupamento, o *Fuzzy C-Means*, ao qual permite que um ponto possa pertencer a vários *clusters* ao mesmo tempo de acordo com seu grau de associação. Neste caso, os autores se basearam no atributo de tempo de congestionamento para a formação dos *clusters*.

Para a análise de dados, Zhang *et al.* (2017b) utilizaram 12 fatores como o tipo de estrada, comprimento do segmento de estrada, distância até a rampa mais próxima, número de estações de ônibus ao longo do segmento rodoviário por 100m, distância até a estação de metrô mais próxima, a localização relativa aos anéis das vias expressas urbanas, número de estacionamentos abertos à sociedade em um raio de 500m por 100m, número de

escolas em 500m por 100m, distância até o hospital mais próximo, área comercial, área residencial, área de transporte. Foi utilizado a ferramenta *Geographical Detector*, aplicando o *GLOBAL MORRAL'I* para realizar uma correlação espacial e testar se os objetos observados possuem similaridades com os objetivos de adjacência espacial. Os autores indicam que há sim uma relação dos fatores apontados acima com o congestionamento, mostrando que em áreas onde não há presença de tantos fatores, o trânsito tende a fluir melhor. Zhang *et al.* (2017a) consideram 5 fatores que correspondem ao tipo de área a qual aquele terreno pertence, sendo elas terrenos educacionais, terrenos comerciais, terrenos residenciais, terrenos industriais, terrenos de lazer. Aplicando regressão linear múltiplas e a ferramenta IBM SPSS *Statistics* 19.0 para testar a correlação entre o trânsito e os tipos de terreno. Os autores apontam que há sim uma correlação positiva entre o tipo de terreno e o tempo de congestionamento. Por fim, Wang *et al.* (2018) consideraram os mesmos 12 fatores de Zhang *et al.* (2017b), realizando uma análise empírica. Eles concluíram que os horários de picos da manhã e noite cobrem a grande parte de tempo de congestionamento, onde viram que o pico da manhã é o mais crítico, sugerindo então que o pico da manhã teria como explicação a viagem das pessoas de casa ao trabalho, e ele é maior que o da noite pois ocorre que as pessoas podem ter horários de saídas diferentes e que nem sempre eles fazem o trajeto para casa, podendo ir a algum outro lugar.

Os trabalhos correlatos descritos apresentam técnicas e ferramentas de como fazer análise do trânsito e do ambiente para chegar em conclusões socioeconômicas em relação a população local. Este trabalho se propõe a fazer uma análise comportamental do trânsito de Blumenau em relação a aspectos socioeconômicos. Com isso, se propõe a utilizar as imagens disponibilizadas pela SETERB para monitorar a movimentação de veículos em uma determinada área. O tráfego do local será estabelecido via análise de imagens utilizando algoritmos de detecção de objetos da rede neural convolucional Yolo V3. Além disso, também se levará em consideração informações da região (comércios, escolas, densidade populacional etc.), horários e dias da semana e do mês, bem como o impacto das mudanças climáticas e fornecimento de combustível. Para tanto, pretende-se comparar e observar uma mesma região em diferentes períodos, como períodos com ou sem aulas, bem como comparações com regiões semelhantes. Também acredita-se que a complexidade deste trabalho encontra-se em quantificar as relações do fluxo do trânsito, que a partir desses valores será possível mensurar o seu comportamento. Contudo, este trabalho se torna relevante, pois será o primeiro estudo voltado ao trânsito de Blumenau. A partir disso, espera-se determinar quais fatores têm maior impacto no comportamento do tráfego, e que eventualmente, possam ajudar na gestão ou na identificação de qual período torna-se viável utilizar o trânsito.

### 3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

O artefato computacional a ser desenvolvido deverá:

- permitir que o usuário faça o cadastro da localização das câmeras que capturam as imagens no trânsito (Requisito Funcional - RF);
- permitir que o usuário faça o *upload* dos vídeos que serão usados para detectar o fluxo de veículos na região (RF);
- utilizar algoritmos de detecção de objetos, tais como o Yolo V3, para realizar a detecção e contagem dos veículos (RF);
- vincular informações socioeconômicas obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aos segmentos de trânsito a serem analisados (RF);
- calcular a função de deslocamento e a capacidade limite de tráfego (RF);
- calcular a função de desempenho ou curva de operação da via (fluxo livre, congestionamento, demanda maior que a capacidade) (RF);
- estabelecer a previsão do atraso e da formação de filas (RF);
- gerar ranking dos fatores que mais influenciam no trânsito (comércios, escolas, hospitais etc.) (RF);
- ser desenvolvido na linguagem de programação Python (Requisito Não Funcional - RNF);
- utilizar um banco de dados não relacional para guardar os dados gerados (RNF);
- utilizar o Keras para o auxílio na utilização de um algoritmo de detecção de objetos (RNF).

**Comentado [ARV6]:** Ok os requisitos, mas de fato fico imaginando o que será o artefato computacional...

### 3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: pesquisar trabalhos correlatos e entender os assuntos relacionados à mobilidade urbana e monitoramento, fatores que estabelecem seu comportamento, sistemas de monitoramento de tráfego e detecção de objetos;
- coleta de imagens de câmeras de trânsito: coletar as imagens que serão usadas nos testes do método proposto. Além da utilização da base de imagens disponibilizadas pela SETERB serão pesquisadas opções de bases de dados públicas;
- rotulação das imagens coletadas: rotular as imagens que serão utilizadas, permitindo assim que o algoritmo de detecção de objetos possa ter sua assertividade testada;
- pesquisa e escolha do método de detecção de objetos: pesquisar os principais algoritmos de detecção de objetos, escolhendo o mais adequado para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente será

- utilizado o Yolo V3;
- desenvolvimento: desenvolver o método de detecção, correlacionando a localização das informações do item (e), utilizando a linguagem de programação Python e a biblioteca Yolo V3;
  - validação do método de detecção de objetos: verificar a assertividade do método proposto a partir do percentual de objetos detectados corretamente, e caso necessário, alterar os requisitos para atender o problema a ser resolvido;
  - obtenção das informações socioeconômicas: obter informações regionais, dentre elas, localização de escolas, comércios, indústrias e densidade através de bases de dados públicas tais como, a do IBGE;
  - correlação das informações: a partir dos itens (e) e (g) correlacionar e armazenar as informações em um banco de dados;
  - levantamento de formas para calcular a demanda, oferta e operação viária: pesquisar equações que possam estabelecer o comportamento do fluxo do trânsito;
  - implementação das métricas de fluxo: a partir dos itens (h) e (i) implementar as equações utilizando a linguagem Python e disponibilizados seus resultados na forma de ranking;
  - validação do comportamento: em paralelo ao desenvolvimento, verificar a assertividade do artefato computacional para estabelecer o fluxo de veículos em uma dada região e o seu comportamento levando em consideração informações locais, e caso necessário, alterar os requisitos para atender o problema a ser resolvido.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 6.

Quadro 6 – Cronograma de atividades a serem realizadas

etapas / quinzenas	2021				2022											
	nov.		dez.		jan.		fev.		mar.		abr.		maio		jun.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
levantamento bibliográfico																
coleta de imagens de câmeras de trânsito																
rotulação das imagens coletadas																
pesquisa e escolha do método de detecção de objetos																
desenvolvimento																
validação do método de detecção de objetos																
obtenção das informações socioeconômicas																
correlação das informações																
levantamento de formas para calcular a demanda, oferta e operação viária																
implementação das métricas de fluxo																
validação do comportamento																

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será abordado brevemente os principais assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: mobilidade urbana e monitoramento, fatores que estabelecem seu comportamento, sistemas de monitoramento de tráfego e detecção de objetos.

A mobilidade é inerente às relações humanas e sociais. Para se locomover, o indivíduo pode contar com meios próprios, como os pés, e com equipamentos e tecnologia, como, por exemplo, o uso de automóveis. Também é limitado pelo espaço em que ocorre seu movimento (como a cidade) e pela forma de movimento, que é a produção e o produto dessas relações interpessoais. Então, mobilidade é a relação entre um indivíduo e seu espaço disponível e sua disponibilidade (BUOSI, 2018, apud BOHUSCH, 2013). A mobilidade urbana pode ser entendida como a capacidade dos indivíduos de se movimentarem com base na infraestrutura de transporte disponível. É a facilidade de movimentar pessoas e mercadorias no centro da cidade, com viagens no espaço urbano considerando não apenas a ocorrência proporcionada pela cidade, mas também considera a possibilidade (BUOSI, 2018, apud ALVES; RAIA JUNIOR, 2009).

Nesse contexto de mobilidade, alguns fatores podem determinar seu comportamento. Dentre elas, mudanças na inflação, o que significa mudanças significativas no consumo; tendo em vista que as compras não ocorrem mais na comunidade, os supermercados estão cada vez mais envolvidos nas atividades comerciais, aumentando assim a mobilidade dos carros; flexibilidade nos horários de execução das atividades principais (tendo em vista que as compras não ocorrem mais na comunidade, os supermercados estão cada vez mais envolvidos nas atividades comerciais, aumentando assim a mobilidade dos carros; flexibilidade nos horários de execução das atividades principais (SANTOS 2009, apud Mcidade, 2006) e as facilidades para comprar automóveis, o que torna cada vez mais motorizadas algumas pessoas que antes não podiam obter automóveis (SANTOS 2009, apud NTU, 2006).

Para entender essa mobilidade, ou seja, o fluxo de tráfego, sistemas de monitoramento de tráfego precisam ser usados para medir as condições de tráfego, como câmeras de vigilância de vídeo de tráfego, e outra tecnologia de detecção que coleta diretamente o movimento do veículo, como smartphones, sistemas de navegação de veículos e drones câmeras etc. Mas, o problema é como coletar dados de tráfego precisos, como fluxo de tráfego real. Uma das formas, segundo Tsuboi (2021), seria utilizar técnicas de aprendizado de máquinas em câmeras de trânsito espalhadas pela cidade para a detecção de veículos no trânsito. Para isso, pode-se utilizar o algoritmo de detecção *You Only Look Once* (YOLO). YOLO é um detector de objetos em tempo real, que usa *Deformable Part Based Model* (DPM) e *Region-based Convolution Neural Network* (R-CNN) para detectar e caracterizar objetos, como animais, automóveis, pessoas etc. Com a detecção, há como fazer a contagens de veículos, e com isso, gerar informações sobre fluxo de veículos (REDMON *et al.*, 2016).

### REFERÊNCIAS

- BAS, Erhan *et al.* Automatic Vehicle Counting from Video for Traffic Flow Analysis. 2007 Ieee Intelligent Vehicles Symposium, [S.l.], p. 392-397, jun. 2007. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ivs.2007.4290146>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4290146?arnumber=4290146>. Acesso em: 25 set. 2021.
- BUOSI, Marcelo de Almeida. Mobilidade inteligente: proposta de framework de big data analytics para análise de dados de mobilidade urbana em uma smart city. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Centro de Ciências Socioeconômicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00004f/00004f56.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.
- GERLOUGH, Daniel L.; HUBER, Matthew J. Traffic Flow Theory: a monograph. Washington, D.C: Trb, 1975. 233 p. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00004f/00004f56.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.
- GOVERNMENT, Nsw. **SCATS**. Disponível em: <https://www.scats.nsw.gov.au/>. Acesso em: 30 set. 2021.
- PUMATRONIX. **Quem Somos**. 2021. Disponível em: <https://pumatronix.com/quem-somos/>. Acesso em: 30 set. 2021.
- REDMON, Joseph *et al.* You Only Look Once: unified, real-time object detection. 2016 Ieee Conference On Computer Vision And Pattern Recognition (Cvpr), [S.l.], p. 779-788, jun. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cvpr.2016.91>.
- SANTOS, Lilian da Silva. Análise da influência da variação espacial da oferta de um modo de transporte público urbano no comportamento de viagem de seus usuários. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4185/1/2009\\_LiliandaSilvaSantos.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4185/1/2009_LiliandaSilvaSantos.pdf). Acesso em: 30 set. 2021.
- SILVA, Paulo Cesar Marques da. **Teoria do fluxo de tráfego**: engenharia de tráfego. ENGENHARIA DE TRÁFEGO. 1994. Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/teoria-do-fluxo-de-traffic.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.
- TSUBOI, Tsutomu. Traffic Flow Analysis and Management. Design Of Cities And Buildings - Sustainability And Resilience In The Built Environment, [S.l.], p. 1-15, 2 jun. 2021. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.95087>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/75082>. Acesso em: 29 set. 2021.
- WANG, Shiguang *et al.* Analyzing urban traffic demand distribution and the correlation between traffic flow and the built environment based on detector data and POIs. European Transport Research Review, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 10-50, jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12544-018-0325-5>. Disponível em: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-018-0325-5>. Acesso em: 25 set. 2021.
- ZHANG, Kaisheng *et al.* Analyzing spatiotemporal congestion pattern on urban roads based on taxi GPS data. Journal Of Transport And Land Use, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 675-694, 19 jun. 2017. Center for Transportation Studies. <http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2017.954>. Disponível em: <https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/954>. Acesso em: 25 set. 2021.
- ZHANG, Tianqi *et al.* Impact Analysis of Land Use on Traffic Congestion Using Real-Time Traffic and POI. Journal Of Advanced Transportation, [S.l.], v. 2017, p. 1-8, 2017. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/7164790>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2017/7164790/>. Acesso em: 25 set. 2021.
- ZOU, Zhengxia *et al.* Object Detection in 20 Years: a survey. **Corr**, [S. l.], v. 190505055, p. 1-39, 28 maio 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1905.05055>. Acesso em: 30 set. 2021.

## FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO – PROFESSOR AVALIADOR

Avaliador(a): **Alexander Roberto Valdameri**

Atenção: quando o avaliador marcar algum item como atende parcialmente ou não atende, deve obrigatoriamente indicar os motivos no texto, para que o aluno saiba o porquê da avaliação.

ASPECTOS AVALIADOS <sup>1</sup>		Atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?		X	
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?		X	
	3. TRABALHOS CORRELATOS São apresentados trabalhos correlatos, bem como descritas as principais funcionalidades e os pontos fortes e fracos?	X		
	4. JUSTIFICATIVA Foi apresentado e discutido um quadro relacionando os trabalhos correlatos e suas principais funcionalidades com a proposta apresentada?	X		
	São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	5. REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO Os requisitos funcionais e não funcionais foram claramente descritos?	X		
	6. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados e são compatíveis com a metodologia proposta?	X		
	7. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	As referências contemplam adequadamente os assuntos abordados (são indicadas obras atualizadas e as mais importantes da área)?	X		
	8. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		



UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I  
CURSO: CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO - BCC

**ATA DA DEFESA: BANCA DO PRÉ-PROJETO**

Venho, por meio deste, manifestar minha avaliação sobre a **apresentação** do Pré-Projeto de TCC

realizado pelo(a) acadêmico(a), Celio Rodrigues Junior no **SEGUNDO SEMESTRE DE 2021**, com o título **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TRÂNSITO DE BLUMENAU EM RELAÇÃO A ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS**, sob orientação do prof(a). Aurélio Faustino Hoppe.

A referida apresentação obteve a seguinte nota:

Componente da Banca	Nota (de 0 a 10)
<b>Professor(a) Avaliador(a):</b> Alexander Roberto Valdameri	<b>10</b>

**ATENÇÃO.** A nota acima se refere somente a apresentação do pré-projeto e vai ser repassada para o aluno (orientando). Favor preencher os campos acima e enviar por e-mail ao professor de TCC1 ([dalton@furb.br](mailto:dalton@furb.br)). Não passar o arquivo com as anotações da revisão já enviado ao professor de TCC1 para o orientando e nem para o professor orientador. Após o professor de TCC1 receber esta ata preenchida, o professor de TCC1 vai disponibilizar para o orientando/orientador os arquivos com as revisões. Caso julgue necessário fazer mais alguma consideração relacionada ao pré-projeto ou a defesa, favor usar o espaço abaixo.

Observações da apresentação:



CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO – TCC		
( X ) PRÉ-PROJETO	( ) PROJETO	ANO/SEMESTRE: 2021/2

## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TRÂNSITO DE BLUMENAU EM RELAÇÃO A ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

Célio Rodrigues Junior

Prof. Aurélio Faustino Hoppe – orientador

### 1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia, carros e motocicletas ficaram relativamente baratos, tanto no Brasil quanto em outros países do mundo. Por outro lado, com o aumento da frota de veículos, escancara-se um dos grandes problemas das cidades, o congestionamento. Com base nesse problema, estudos científicos do fluxo de tráfego tiveram seu início na década de 1930 e se desenvolveram, através de várias teorias, o que compõe a teoria do fluxo de tráfego (GERLOUGH; HUBER, 1975).

Segundo Da Silva (1994), a teoria do fluxo de tráfego consiste na aplicação de conceitos da matemática, da teoria da probabilidade e da física à descrição do comportamento do tráfego veicular rodoviário. São estudados desde fluxos de tráfego vistos como meios indivisíveis até os menores elementos que os compõem (veículos) vistos individualmente.

Bas *et al.* (2007) destacam que são criadas constantemente várias ferramentas para simular ou analisar o trânsito e, um dos recursos mais utilizados são as câmeras de vídeo. As câmeras de vídeo foram introduzidas pela primeira vez no gerenciamento de tráfego para vigilância rodoviária, transmitindo imagens de circuito fechado de televisão a um operador humano para interpretação. Os sistemas de gerenciamento de tráfego atuais utilizam processamento de vídeo digital para analisar automaticamente a cena de interesse e extrair informações para monitoramento de tráfego.

De acordo com Zou *et al.* (2019), uma das formas de se converter imagens em dados de fluxos, é através de aprendizado de máquina, como por exemplo, utilizando algoritmos de detecção de objetos. A detecção de objetos é uma importante tarefa de visão computacional que é usada para detectar instâncias de categorias específicas de objetos visuais, como carros em imagens digitais. O objetivo da detecção de objetos é desenvolver modelos computacionais e tecnologias para fornecer uma das informações mais básicas necessárias para aplicações de visão computacional, que é quais objetos estão na cena e onde eles estão. Ainda segundo os autores, a detecção de objetos tornou-se amplamente usada em muitas aplicações práticas, como direção autônoma, visão de robô, vigilância por vídeo etc.

Segundo Zou *et al.* (2019), nos últimos anos, vários estudos foram realizados sobre o tráfego usando visão computacional e aprendizado de máquina. Grande parte dessas pesquisas tiveram como foco as principais cidades do mundo, como por exemplo Xangai, na China. Nessas metrópoles, por serem em países desenvolvidos e com mais recursos financeiros, já existem ferramentas de análise de tráfego, o que facilita a obtenção de dados e análises. Como exemplo de ferramenta, pode-se destacar o *Sydney Coordinated Adaptive Traffic System* (SCATS). Segundo a fornecedora, *NSW Government* (2021), SCATS é um sistema de controle de tráfego projetado para otimizar o fluxo de tráfego. Dados são processados em tempo real, através de algoritmos inteligentes, para ajustar o tempo para responder aos sinais de tráfego em situações inesperadas, prever padrões de tráfego e manter o fluxo de tráfego. Além disso, há também a Pumatronix que trabalha com pesquisa e desenvolvimento de soluções para Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) que contribui para a mobilidade urbana e rodoviária, segurança, modernização das cidades, e fiscalização no trânsito (PUMATRONIX, 2021). Em contrapartida no Brasil, especialmente nas cidades não metropolitanas, não é fácil obter dados e ferramentas de análise. Ainda de acordo com Zou *et al.* (2019), no país, devido à dificuldade de acesso a essas ferramentas, é difícil analisar as interferências e os fatores que afetam o trânsito, o que torna difícil analisar e gerenciar o mesmo. Portanto, vê-se a necessidade de um sistema de análise de tráfego que possa contribuir para as decisões relacionadas ao tráfego com base em números quantitativos e estruturados de acordo com o que está ao seu redor em cenários regionalizados.

Diante deste contexto, esse trabalho se propõe a criar um artefato computacional que estabelece o comportamento do fluxo do trânsito de Blumenau. Serão utilizadas técnicas de aprendizado de máquinas e visão computacional para coletar dados quantitativos sobre o trânsito de Blumenau. Assim como, também serão levados em consideração informações da região (comércios, escolas, densidade populacional etc.) em períodos espaciais e temporais distintos.

Comentado [DSdR7]: Remover.

Comentado [DSdR8]: Sei que ainda pode não se ter certeza o que será implementado. Mas sugiro utilizar algo mais expressivo, mesmo que depois com o desenvolvimento do TCC se altere.

## 1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver um artefato computacional que seja capaz de estabelecer as relações básicas entre as variáveis de demanda, de oferta, de operação viária, de localidade e socioeconômicas de vias pré-cadastradas da cidade de Blumenau.

Os objetivos específicos são:

- realizar a detecção dos veículos utilizando técnicas de processamento de imagem e aprendizado de máquinas;
- criar uma base de dados unificada correlacionando os dados do fluxo do trânsito e informações socioeconômicas e da infraestrutura regional;
- classificar seções de estradas buscando evidências para estabelecer fatores que afetam o trânsito e os motivos de sua ocorrência.

## 2 TRABALHOS CORRELATOS

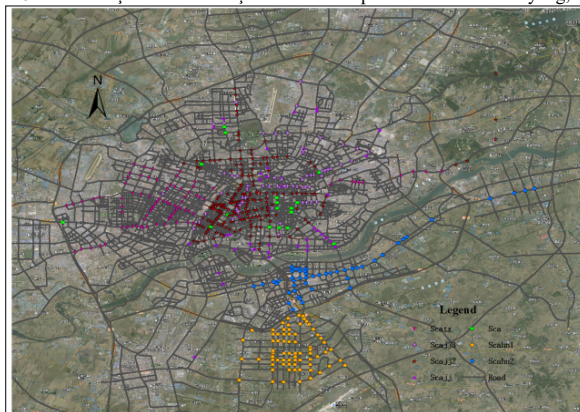
Neste capítulo são apresentados três trabalhos correlatos semelhantes ao proposto. A seção 2.1 apresenta uma análise empírica sobre o trânsito de Shenyang, na China (Wang *et al.*, 2018). Na seção 2.2 é apresentado um método de avaliação de pontos de congestionamentos por meio sistema de informação geográfica (Zhang *et al.*, 2017a). Por fim, na seção 2.3 é investigado um padrão de congestionamento de 24 horas da rede rodoviária através da velocidade (Zhang *et al.*, 2017b).

### 2.1 ANALYZING URBAN TRAFFIC DEMAND DISTRIBUTION AND THE CORRELATION BETWEEN TRAFFIC FLOW AND THE BUILT ENVIRONMENT BASED ON DETECTOR DATA AND POIS

Wang *et al.* (2018) desenvolveram um método de análise empírica via *Sidney Coordinated Adaptive Traffic System* (SCATS) e dados ambientais para compreender as características de distribuição temporal e espacial de tráfego das cidades a fim de obter evidências empíricas para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano além de verificar o quão universais podem ser os resultados, aplicando uma análise semelhante para cidades europeias. Segundo o autor, SCATS é um sistema australiano de controle de tráfego em tempo real, que pode alterar o tempo dos semáforos de acordo com as mudanças no fluxo de veículos. Por meio dos dados lidos pelos detectores, o sistema pode responder às mudanças no fluxo do veículo ao longo do dia e se adaptar a eventos aleatórios, como dias chuvosos e feriados, sem a intervenção do operador. Essa adaptação funciona 24 horas por dia, 365 dias por ano. Junto com o SCATS, existe também um sistema estatístico denominado *SCATS Traffic Reporter*, que publica relatórios sobre as informações coletadas pelo sistema SCATS, como a veículos durante o dia, para poder realizar pesquisas de gestão sobre estradas controladas pelo sistema.

Segundo Wang *et al.* (2018), as informações funcionais sobre a rede de tráfego rodoviário urbano foram obtidas do SCATS em Shenyang, na China, que é uma das maiores cidades na região nordeste da china tendo uma população automotiva de 1.46 milhões. Os sistemas SCATS da cidade tinham um total de 525 intersecções na área urbana principal da cidade, conforme mostra a Figura 7.

Figura 9– Distribuições de intersecção controladas pela SCATS em Shenyang, China



Fonte: Wang *et al.* (2018).

Considerando a regularidade dos padrões de viagens dos residentes, Wang *et al.* (2018) selecionaram de forma randômica dados de um cruzamento típico e a estrada de entrada oeste que liga esse cruzamento, durante uma semana (de 29 de julho de 2014 a 4 de agosto de 2014). Do ponto de vista do fluxo total, com exceção

Comentado [DSdR9]: Nessa seção

Comentado [DSdR10]: Não entendi!

domingo (3 de agosto de 2014), a demanda de tráfego neste cruzamento foi relativamente estável, e o dia em que ocorreu o maior número de tráfego foi na sexta-feira (1 de agosto de 2014).

Segundo Wang *et al.* (2018), os principais fatores ambientais construídos que afetam o estado do tráfego ou os comportamentos de viagem podem ser divididos em fatores relacionados ao tráfego e ao uso do solo. Com isso, o detector geográfico foi introduzido para avaliar os parâmetros ambientais construídos que podem ser responsáveis pelo estado do tráfego rodoviário. Além de fatores ambientais, Wang *et al.* (2018) se utilizaram de outros fatores para determinar o fluxo do tráfego, como por exemplo, os fatores de tipo de rua, números de estações de ônibus em um segmento de 100 metros, proporção de área comercial, dentre outros.

Wang *et al.* (2018) observaram que os horários de pico durante o dia concentram-se principalmente no pico da manhã (07h00-09h15) e no pico noturno (16h15-18h15). A frequência de pico dos dois picos juntos foi responsável por 82,22% do horário de pico. A taxa de fluxo máxima de um dia ocorre principalmente durante o período de pico da manhã, sendo responsável por 62,54% do horário de pico. Além disso, os autores descobriram que o fluxo do tráfego urbano estava concentrado principalmente em algumas estradas. Cerca de 66% das estradas de pequeno e médio porte cobrem cerca de 38% do fluxo de tráfego, e 34% das estradas de médio e grande porte atendem a cerca de 62% do fluxo de tráfego. Os autores também observaram que, de maneira geral, o fluxo nos cruzamentos durante os horários de pico aumenta à medida que aumenta o número de faixas de entrada. No entanto, diferentes conjuntos de amostras mostram que quando o número de faixas de entrada é 14, a capacidade máxima de suporte de cada tipo de indivíduo é a melhor.

Wang *et al.* (2018) mencionam que, em termos da distribuição temporal da demanda de tráfego, os horários de pico de diferentes cruzamentos e vias são considerados heterogêneos, revelando a flexibilidade do tempo de deslocamento. Os principais picos de viagens são os picos da manhã e da noite. O maior horário de pico do dia é pela manhã, o que indica que os destinos e as rotas das pessoas mudam depois que saem do trabalho, causando menos carga de tráfego para as estradas. Portanto, os autores acreditam que horários e locais de trabalho flexíveis são uma forma eficaz de reduzir o número de veículos e melhorar as condições de tráfego. Além disso, existe uma correlação linear positiva significativa entre o número de faixas e o fluxo médio de tráfego de serviço. Quanto maior o número de faixas, seja em estradas ou em cruzamentos, maior o número de veículos atendidos. No entanto, o valor máximo do fluxo de tráfego revela a diferença nas capacidades do serviço. Tais resultados talvez só sejam válidos neste caso, por isso mais dados de outras cidades são necessários para explorar se existem regras universais, pois para Wang *et al.* (2018) seria interessante explorar o quão universais são suas descobertas, conduzindo uma análise semelhante para cidades europeias e outras, para que possam ter uma melhor compreensão dos sistemas de transporte urbano.

## 2.2 IMPACT ANALYSIS OF LAND USE ON TRAFFIC CONGESTION USING REAL-TIME TRAFFIC AND POI

Zhang *et al.* (2017a) apresentaram um método de avaliação de pontos de congestionamentos por meio Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo uma alternativa eficaz frente aos modelos convencionais de quatro etapas que normalmente operam com base em dados de pesquisa individuais de alto custo, baixa precisão e baixa eficiência. Além disso, também não consideram informações geográficas, como as coordenadas de longitude e latitude, as categorias e as informações de localização específicas. Tendo o intuito de contribuir para a formulação de políticas de planejamento do uso do solo urbano, os autores exploraram a correlação entre o congestionamento do tráfego e diferentes atributos do uso do solo urbano, estabelecendo a evolução dos modelos geográficos do congestionamento do tráfego urbano.

Zhang *et al.* (2017a) tentaram obter uma melhor classificação das *Points of Interest* (POI) de Pequim, que é uma boa representação do propósito de viagem dos residentes. Os resultados mostram que, trabalho, escola, compras, lazer e "ir para casa" são as principais razões para os residentes de Pequim viajarem, respondendo por cerca de 85% do volume total de viagens. Este estudo também extrai cerca de 90.000 POIs dentro do quarto anel viário em Pequim usando software web crawler, que são robôs usado por buscadores para encontrar e indexar páginas de um site. Os dados do POI possuem quatro tipos de informações: nome, categoria, longitude e latitude. Através do processamento, as características do uso do solo são determinadas e a relação entre o congestionamento do tráfego e os diferentes tipos de uso do solo são identificadas. A quantificação do POI focou na área edificada, que é o principal indicador da cidade em fase de planejamento, e reflete de forma objetiva os atuais indicadores populacionais, de emprego, socioeconômicos e específicos de desenvolvimento regional. Devido ao grande número de POIs, não era prático usar-se de todos, portanto, os POIs foram selecionados aleatoriamente para investigação. Na pesquisa de campo realizada em maio de 2016, entre 58 e 67 pontos de interesse foram selecionados aleatoriamente para cada tipo de uso de terreno.

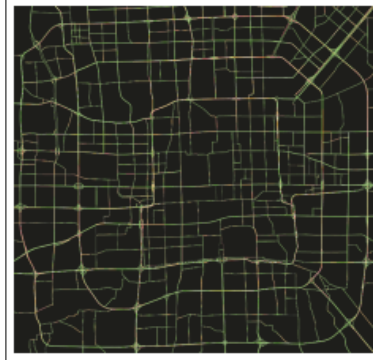
Além das POIs, Zhang *et al.* (2017a) utilizaram informações de mapas vindas de aplicativos de mapas. Os aplicativos de mapas usam as informações dos estados das estradas para navegar pelas estradas e planejar as viagens dos motoristas. As imagens dos mapas nos motores de busca da web são compostas por diferentes camadas: camada inferior, camada do meio e a camada superior. Zhang *et al.* (2017a) utilizaram a camada superior que contém as informações de tráfego representadas nas cores vermelho, amarelo e verde. Os dados em tempo real

Comentado [DSdR11]: Maiúsculo

Comentado [DSdR12]: Maiúsculo.

foram coletados a cada 5 minutos, um total de 60 vezes por dia, no pico da manhã (7h00 às 9h30) durante a semana e no pico da noite (17h às 19h30), na primeira semana de março de 2016. A Figura 8 apresenta o resultado dos dados obtidos, onde as linhas em vermelho representam áreas de congestionamento, as linhas em amarelo representam trânsito normal e as linhas em verde representam trânsito suave.

Figura 10 – O esquema do tráfego rodoviário em tempo real no pico da manhã do dia útil.



Fonte: Zhang *et al.* (2017a).

Depois de coletar os dados de tráfego em tempo real, Zhang *et al.* (2017a) transformaram manualmente os dados em vetores, armazenando-os em formato de camada ShapeFile, que é um formato de armazenamento vetorial digital usado para armazenar localização geométrica e informações de atributos relacionados. A partir disso, criou-se um programa escrito na linguagem de programação Python para avaliar os pixels e pontos discretos na camada vetorial com pigmento. O programa sobrepõe o tempo de congestionamento em um único horário acumulado durante cada período de pico da manhã/noite. Os autores usam o atributo de tempo de congestionamento para agrupar áreas congestionadas. Também é utilizado o método de interpolação para tornar o agrupamento razoável e mais próximo da situação real de todo o espaço. Zhang *et al.* (2017a) utilizaram regressão linear múltipla para determinar a relação entre o uso da terra e o congestionamento do tráfego. Neste caso, analisaram o tempo de congestionamento e a proporção de terra em cada área do cluster. As áreas selecionadas são cinco tipos de terrenos para residências, educacionais, comerciais, comerciais e de lazer. Como a variável dependente é ordenada e multi-classificada, a análise ordinal é realizada usando IBM SPSS Statistics 19.0, que é um serviço em nuvem que fornece recursos de análise estatística e disponibilidade.

Segundo Zhang *et al.* (2017a), os resultados mostram que o tempo de congestionamento está positivamente correlacionado com a proporção de terrenos empresariais, comerciais e educacionais. Isso ocorre porque as viagens nos picos de manhã e à noite durante a semana estão relacionados a ida à escola ou ao trabalho. Os autores descobriram que áreas com mais terrenos comerciais causarão sério congestionamento de tráfego, porque os moradores começam e terminam no mesmo horário (manhã e noite). Por outro lado, as áreas com uma proporção menor de terrenos comerciais são menos congestionadas porque os residentes têm tempos de viagem diferentes.

Zhang *et al.* (2017a) relatam que o método proposto é uma alternativa viável para analisar o congestionamento de tráfego a partir de dados de mapas online. Além disso, pode servir de orientação política, sendo uma referência para o planejamento do uso do solo urbano. Os autores ainda apontam que o modelo de regressão pode ajudar a prever e estimar a correlação entre o uso do solo e a intensidade do congestionamento, sem depender de modelos de tráfego mais complexos, como o método de tráfego de quatro etapas. Zhang *et al.* (2017) também destacam que são necessários outros testes em outras áreas buscando determinar um padrão de relação entre os tipos de terreno e o congestionamento de tráfego.

### 2.3 ANALYZING SPATIOTEMPORAL CONGESTION PATTERN ON URBAN ROADS BASED ON TAXI GPS DATA

Zhang *et al.* (2017b) investigaram o padrão de congestionamento de 24 horas da rede rodoviária através da velocidade, usando agrupamento *Fuzzy C-mean* (FCM) para classificar seções de estradas problemáticas em contínuas de baixa velocidade ou congestionamento não convencionais. Os autores tinham como intuito averiguar a relação entre o congestionamento do tráfego e o ambiente construído, incluindo fatores relacionados ao tráfego e ao uso do solo.

Segundo Zhang *et al.* (2017b), a coleta de dados foi feita a partir dos dados obtidos pelos táxis de Xangai, que foi coletada em 10 de abril de 2015, uma sexta-feira de intenso tráfego. Os dados foram fornecidos pela *Qiangshen Company*, empresa que fornece serviços de transporte de táxi e minibus, em uma competição online

Comentado [DSdR13]: Remover ponto final.

Comentado [DSdR14]: a ou b?

de dados abertos. A base de dados tem 114.633.142 registros e o intervalo de tempo é de 30 segundos. O registro original incluía ID de táxi, status, hora do sinal recebido, hora do sinal medido, longitude, latitude, velocidade etc. Além disso, apenas as viagens de táxi ocupado foram utilizadas para geração de padrão de velocidade, porque um táxi vazio não refletiria as condições reais de tráfego causadas pela desaceleração para busca de passageiros, deslocamento ou redução do combustível durante o táxi vazio. Com foco no congestionamento de tráfego, considerando apenas as vias primárias e secundárias no centro de Xangai, um total de 853 trechos de estradas foram selecionados, que possuíam dados de tráfego e ambientais, representando os trechos com maior congestionamento durante a jornada de trabalho. Na preparação dos dados, Zhang *et al.* (2017b) descartaram alguns dos dados que não correspondem às estradas mais próximas em 15m, permanecendo imóveis por mais de 5 minutos, ou com velocidade acima de 120 km/h e desvio repentino de distância acima de 1 km/min. Trinta visitas por hora foram definidas como *threshold* para os segmentos, buscando evitar a propagação do erro.

Segundo Zhang *et al.* (2017b), se estabeleceu o padrão de velocidade a partir de 551 segmentos. A análise de *clustering* foi usada para agregar segmentos de estradas em grupos com base em padrões de velocidade. Inicialmente, o padrão de velocidade de cada segmento foi representado como um vetor de 24 dimensões. Um método de *soft clustering*, denominado *Fuzzy C-means* (FCM), faz com que os pontos de dados possam pertencer a vários clusters ao mesmo tempo por graus de associação, sendo mais preciso, de modo que os resultados do modelo numérico poderiam ser usados em métodos de regressão. Com isso, 4 clusters estão devidamente separados, o cluster 1 tem 235 objetos, o cluster 2 tem 177 objetos, o cluster 3 tem 107 objetos e o cluster 4 tem 32 objetos. O cluster 1 foi definido como uma “*Congested Segments*” com uma velocidade média de 22,58 km/h. Comparado com outros clusters, sua trajetória de velocidade é mantida em um nível baixo e a tendência é relativamente estável. A característica do Cluster 2 é que a velocidade é média, com média de 29,51 km/h, representando a “*Normal Speed Segments*”. O cluster 3 pode ser considerado um estado crítico, exibindo mudanças e flutuações de velocidade mais altas durante os horários de pico, por isso é marcado como uma “*Unimpeded Segments*”. A velocidade média é 41,11 km/h, sendo 7 km/h mais alta do que o Cluster 2, que é um valor relativamente pequeno. O limite de velocidade do segundo nível é 40 km/h. O cluster 4 é rotulado como “*High Speed Segments*”, com a maior velocidade média 61,63 km/h e o menor tamanho de amostra de 32.

Zhang *et al.* (2017b) analisaram 12 fatores que influenciam no tráfego, incluindo a distância até o hospital mais próximo, o número de estacionamentos a 500m e o número de escolas a 500m. O cluster FCM classifica as seções da estrada durante 24 horas, mas ainda é duvidoso se o tráfego e os fatores relacionados ao uso do solo têm um impacto significativo no congestionamento. O *Geographical detector* foi introduzido para julgar os parâmetros ambientais construídos. Os autores também utilizaram o *GLOBAL MORAN's I*, que mede a correlação espacial, testando se os objetos observados são semelhantes a objetos espacialmente vizinhos. Para o valor do intervalo *MORAN I*, [-1, 1], I = 0 significa independência espacial completa, I > 0 significa correlação positiva e I < 0 significa correlação negativa. O I de MORAN é calculado cluster a cluster. Segundo os autores, todos os valores I de MORAN foram maiores que zero. Dessa forma, o detector geográfico e o do I de MORAN comprovaram a influência desses fatores nos resultados de agrupamento e na similaridade espacial dos trechos rodoviários próximos. Portanto, segundo Zhang *et al.* (2017b), os modelos espaciais envolvendo autocorrelação espacial e sistemas multivariados mostraram-se mais adequados. No entanto, também aplicou-se um atraso espacial denominado Modelo de Média Móvel Autorregressivo Espacial Misto (SARMA) para resolver dependências e erros de objetos mais próximos e com maior impacto.

Zhang *et al.* (2017b) destacam que no cluster 1, todos os fatores importantes mostram pressão de tráfego contínua. A estação rodoviária e os estacionamentos próximos também trouxeram um fluxo constante de tráfego. Para os segmentos de estradas pertencentes ao Cluster 1, 55,1% das escolas são universidades ou escolas profissionais. Além disso, a demanda por hospitais é muito elevada, estimulando o fluxo de transporte particular e táxis. Pequenos centros, como estações de ônibus ou de logística, costumam ser acompanhados por congestionamentos de tráfego intenso. O cluster 2 tem uma forte tendência de tráfego de oscilação. Fatores importantes que contribuem para o fenômeno do deslocamento incluem efeitos comerciais do uso do solo, estações de metrô e escolas. No entanto, fatores de influência como pontos de ônibus, estacionamentos e hospitais próximos tornaram-se menos significativos e a velocidade média geralmente aumentou. Em segmentos de estrada mais longas geralmente significa menos controle de sinal, o que também é um fator chave. As seções de estradas no cluster 3 são dominadas por estradas arteriais e fatores de interferência, como estações de ônibus e estacionamentos, diminuíram ou aumentaram, e a proporção de terreno para tráfego é extremamente alta. Para o cluster 4, a velocidade média dos principais objetos associados está próxima ao limite de velocidade de 60 km/h, e os fatores ambientais estabelecidos ao seu redor são semelhantes aos da periferia. Estações de ônibus de baixa densidade, estações de metrô e hospitais comprovam essa conclusão. De acordo com os resultados obtidos, Zhang *et al.* (2017b) apontam que a localização em relação ao anel rodoviário e a proporção de casas têm pouco efeito na formação de congestionamentos.

De acordo com Zhang *et al.* (2017b), embora os resultados sejam promissores, mais pesquisas são necessárias para melhorar o desempenho do modelo. Os autores também apontam que os dados de GPS de táxi não cobriam toda a área de Xangai, limitando-se principalmente às áreas urbanas. Além disso, apenas um dia da semana foi analisado, sendo necessário a análise de vários dias. Já em relação ao processo de análise espacial, o

Comentado [DSdR15]: Itálico.

Comentado [DSdR16]: Iniciar com letra minúscula.

Comentado [DSdR17]: Iniciar com letra minúscula.

Comentado [DSdR18]: (por extenso - SARMA)

Comentado [DSdR19]: Iniciar com letra minúscula.

Comentado [DSdR20]: Global Position System (GPS)

modelo proposto não considerou a interação de fatores ambientais. Por fim, Zhang *et al.* (2017b) destacam a análise de curto prazo revelou algumas características importantes ou fenômenos óbvios que só aparecem durante os horários de pico.

### 3 PROPOSTA

Neste capítulo são definidas as justificativas de elaboração dessa ferramenta, assim como os requisitos funcionais, não funcionais e a metodologia aplicada.

#### 3.1 JUSTIFICATIVA

No Quadro 5 é apresentado um comparativo dos trabalhos correlatos. As linhas representam as características e as colunas os trabalhos.

Quadro 7 - Comparativo dos trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos	Wang <i>et al.</i> (2018)	Zhang <i>et al.</i> (2017a)	Zhang <i>et al.</i> (2017b)
Objetivo	Fornecer evidências empíricas para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano	Contribuir para a formulação de políticas de planejamento do uso do solo urbano	Averiguar a relação entre o congestionamento do tráfego e o ambiente construído
Origem da Base de Dados	Detectores e Câmeras de Trânsito	Web crawler	GPS de Taxis
Obtenção dos Dados	SCATS e POIs	SIG e POIs	Dados Taxi fornecidos pela Qiangshen Company
Forma de Agrupamento	Análise Empírica	Cluster <i>K-Means</i>	Cluster Fuzzy <i>C-Means</i>
Fatores de Agrupamento	Não se aplica	Padrões de velocidade	Tempo de congestionamento
Número de Fatores levados em consideração	12	5	12
Técnica de Análise	Empírica	Regressão linear múltipla, IBM SPSS Statistics 19.0	Geographical Detector, GLOBAL MORRALL

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir do Quadro 5, pode-se observar que Wang *et al.* (2018) tinham como objetivo fornecer uma base para a análise e gestão do tráfego rodoviário urbano. Zhang *et al.* (2017a) buscaram contribuir para a formulação do planejamento do uso do solo urbano. Já Zhang *et al.* (2017b) se concentraram em estudar a relação entre o ambiente construído e o congestionamento de tráfego. Wang *et al.* (2018) utilizaram as informações de detectores e câmeras de trânsito através dos SCATS, que é um sistema australiano de controle de tráfego em tempo real, que pode alterar o tempo dos semáforos de acordo com as mudanças no fluxo de veículos, utilizando os *Point of Interest* (POIs) da cidade analisada. Zhang *et al.* (2017a) também utilizaram, os POIs, da cidade e um web crawler, que capturam informações das páginas, para obter as informações desses pontos de interesse, e juntá-los com as informações do SIG, que conecta dados ao mapa e combina dados de localização com várias informações descritivas. Por outro lado, Zhang *et al.* (2017b) obtiveram os dados através da empresa Qiangshen Company, que fornece serviços de transporte de táxi e minibus e, ao qual, disponibilizaram informações do táxi, longitude e latitude e velocidade dos deslocamentos realizados durante 24h.

Em termos de tratamento dos dados, Wang *et al.* (2018) realizaram uma análise empírica com base em suas experiências e nos dados obtidos. Já Zhang *et al.* (2017a) aplicaram uma função de agrupamento padrão, o *K-Means*, levando em consideração os padrões de velocidade. Zhang *et al.* (2017b) também utilizaram uma função de agrupamento, o *Fuzzy C-Means*, ao qual permite que um ponto possa pertencer a vários clusters ao mesmo tempo de acordo com seu grau de associação. Neste caso, os autores se basearam no atributo de tempo de congestionamento para a formação dos clusters.

Para a análise de dados, Zhang *et al.* (2017b) utilizaram 12 fatores como o tipo de estrada, comprimento do segmento de estrada, distância até a rampa mais próxima, número de estações de ônibus ao longo do segmento rodoviário por 100m, distância até a estação de metrô mais próxima, a localização relativa aos anéis das vias

Comentado [DSdR21]: Nessa seção

Comentado [DSdR22]: Na Introdução e Objetivos menciona "artefato", aqui ferramenta .. padronizar.

Comentado [DSdR23]: Of

Comentado [DSdR24]: Iniciar com letra maiúscula.

Comentado [DSdR25]: Não itálico.

Comentado [DSdR26]: Não itálico.



expressas urbanas, número de estacionamentos abertos à sociedade em um raio de 500m por 100m, número de escolas em 500m por 100m, distância até o hospital mais próximo, área comercial, área residencial, área de transporte. Foi utilizado a ferramenta *Geographical Detector*, aplicando o *GLOBAL MORRALL* para realizar uma correlação espacial e testar se os objetos observados possuem similaridades com os objetivos de adjacência espacial. Os autores indicam que há **sim** uma relação dos fatores apontados acima com o congestionamento, mostrando que em áreas onde não há presença de tantos fatores, o trânsito tende a fluir melhor. Zhang *et al.* (2017a) consideram 5 fatores que correspondem ao tipo de área a qual aquele terreno pertence, sendo elas terrenos educacionais, terrenos comerciais, terrenos residenciais, terrenos industriais, terrenos de lazer. Aplicando regressão linear múltiplas e a ferramenta IBM SPSS *Statistics* 19.0 para testar a correlação entre o trânsito e os tipos de terreno. Os autores apontam que há **sim** uma correlação positiva entre o tipo de terreno e o tempo de congestionamento. Por fim, Wang *et al.* (2018) consideraram os mesmos 12 fatores de Zhang *et al.* (2017b), realizando uma análise empírica. Eles concluíram que os horários de picos da manhã e noite cobrem a grande parte de tempo de congestionamento, onde viram que o pico da manhã é o mais crítico, sugerindo então que o pico da manhã teria como explicação a viagem das pessoas de casa ao trabalho, e ele é maior que o da noite pois ocorre que as pessoas podem ter horários de saídas diferentes e que nem sempre eles fazem o trajeto para casa, podendo ir a algum outro lugar.

Os trabalhos correlatos descritos apresentam técnicas e ferramentas de como fazer análise do trânsito e do ambiente para chegar em conclusões socioeconômicas em relação a população local. Este trabalho se propõe a fazer uma análise comportamental do trânsito de Blumenau em relação a aspectos socioeconômicos. Com isso, se propõe a utilizar as imagens disponibilizadas pela SETERB para monitorar a movimentação de veículos em uma determinada área. O tráfego do local será estabelecido via análise de imagens utilizando algoritmos de detecção de objetos da rede neural convolucional Yolo V3. Além disso, também se levará em consideração informações da região (comércios, escolas, densidade populacional etc.), horários e dias da semana e do mês, bem como o impacto das mudanças climáticas e fornecimento de combustível. Para tanto, pretende-se comparar e observar uma mesma região em diferentes períodos, como períodos com ou sem aulas, bem como comparações com regiões semelhantes. Também acredita-se que a complexidade deste trabalho encontra-se em quantificar as relações do fluxo do trânsito, que a partir desses valores será possível mensurar o seu comportamento. Contudo, este trabalho se torna relevante, pois será o primeiro estudo voltado ao trânsito de Blumenau. A partir disso, espera-se determinar quais fatores têm maior impacto no comportamento do tráfego, e que eventualmente, possam ajudar na gestão ou na identificação de qual período torna-se viável utilizar o trânsito.

### 3.2 REQUISITOS PRINCIPAIS DO PROBLEMA A SER TRABALHADO

O artefato computacional a ser desenvolvido deverá:

- permitir que o usuário faça o cadastro da localização das câmeras que capturam as imagens no trânsito (Requisito Funcional - RF);
- permitir que o usuário faça o **upload** dos vídeos que serão usados para detectar o fluxo de veículos na região (RF);
- utilizar algoritmos de detecção de objetos, tais como o Yolo V3, para realizar a detecção e contagem dos veículos (RF);
- vincular informações socioeconômicas obtidas do **instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)** aos segmentos de trânsito a serem analisados (RF);
- calcular a função de deslocamento e a capacidade limite de tráfego (RF);
- calcular a função de desempenho ou curva de operação da via (fluxo livre, congestionamento, demanda maior que a capacidade) (RF);
- estabelecer a previsão do atraso e da formação de filas (RF);
- gerar ranking dos fatores que mais influenciam no trânsito (comércios, escolas, hospitais etc.) (RF);
- ser desenvolvido na linguagem de programação Python (Requisito Não Funcional - RNF);
- utilizar um banco de dados não relacional para guardar os dados gerados (RNF);
- utilizar o Keras para o auxílio na utilização de um algoritmo de detecção de objetos (RNF).

### 3.3 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido observando as seguintes etapas:

- levantamento bibliográfico: pesquisar trabalhos correlatos e entender os assuntos relacionados à mobilidade urbana e monitoramento, fatores que estabelecem seu comportamento, sistemas de monitoramento de tráfego e detecção de objetos;
- coleta de imagens de câmeras de trânsito: coletar as imagens que serão usadas nos testes do método proposto. Além da utilização da base de imagens disponibilizadas pela SETERB serão pesquisadas opções de bases de dados públicas;
- rotulação das imagens coletadas: rotular as imagens que serão utilizadas, permitindo assim que o algoritmo detecção de objetos possa ter sua assertividade testada;
- pesquisa e escolha do método de detecção de objetos: pesquisar os principais algoritmos de detecção

Comentado [DSdR27]: Remover.

Comentado [DSdR28]: Industriais e terrenos

Comentado [DSdR29]: Remover.

Comentado [DSdR30]: Não itálico.

Comentado [DSdR31]: Iniciar com letra maiúscula.

de objetos, escolhendo o mais adequado para o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente será utilizado o Yolo V3;

- e) desenvolvimento: desenvolver o método de detecção, correlacionando a localização das informações do item (e), utilizando a linguagem de programação Python e a biblioteca Yolo V3;
- f) validação do método de detecção de objetos: verificar a assertividade do método proposto a partir do percentual de objetos detectados corretamente, e caso necessário, alterar os requisitos para atender o problema a ser resolvido;
- g) obtenção das informações socioeconômicas: obter informações regionais, dentre elas, localização de escolas, comércios, indústrias e densidade através de bases de dados públicas tais como, a do IBGE;
- h) correlação das informações: a partir dos itens (e) e (g) correlacionar e armazenar as informações em um banco de dados;
- i) levantamento de formas para calcular a demanda, oferta e operação viária: pesquisar equações que possam estabelecer o comportamento do fluxo do trânsito;
- j) implementação das métricas de fluxo: a partir dos itens (h) e (i) implementar as equações utilizando a linguagem Python e disponibilizados seus resultados na forma de ranking;
- k) validação do comportamento: em paralelo ao desenvolvimento, verificar a assertividade do artefato computacional para estabelecer o fluxo de veículos em uma dada região e o seu comportamento levando em consideração informações locais, e caso necessário, alterar os requisitos para atender o problema a ser resolvido.

As etapas serão realizadas nos períodos relacionados no Quadro 6.

Quadro 8 – Cronograma de atividades a serem realizadas

Quadro 8 – Cronograma de atividades a serem realizadas

etapas / quinzenas	2021						2022										
	nov.		dez.		jan.		fev.		mar.		abr.		maio		jun.		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
levantamento bibliográfico																	
coleta de imagens de câmeras de trânsito																	
rotulação das imagens coletadas																	
pesquisa e escolha do método de detecção de objetos																	
desenvolvimento																	
validação do método de detecção de objetos																	
obtenção das informações socioeconômicas																	
correlação das informações																	
levantamento de formas para calcular a demanda, oferta e operação viária																	
implementação das métricas de fluxo																	
validação do comportamento																	

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será abordado brevemente os principais assuntos que fundamentarão o estudo a ser realizado: mobilidade urbana e monitoramento, fatores que estabelecem seu comportamento, sistemas de monitoramento de tráfego e detecção de objetos.

A mobilidade é inerente às relações humanas e sociais. Para se locomover, o indivíduo pode contar com meios próprios, como os pés, e com equipamentos e tecnologia, como, por exemplo, o uso de automóveis. Também é limitado pelo espaço em que ocorre seu movimento (como a cidade) e pela forma de movimento, que é a produção e o produto dessas relações interpessoais. Então, mobilidade é a relação entre um indivíduo e seu espaço disponível e sua disponibilidade (BUOSI, 2018, apud BOHUSCH, 2013). A mobilidade urbana pode ser entendida como a capacidade dos indivíduos de se movimentarem com base na infraestrutura de transporte disponível. É a facilidade de movimentar pessoas e mercadorias no centro da cidade, com viagens no espaço urbano considerando não apenas a ocorrência proporcionada pela cidade, mas também considera a possibilidade (BUOSI, 2018, apud ALVES; RAIA JUNIOR, 2009).

Nesse contexto de mobilidade, alguns fatores podem determinar seu comportamento. Dentre elas, mudanças na inflação, o que significa mudanças significativas no consumo; tendo em vista que as compras não ocorrem mais na comunidade, os supermercados estão cada vez mais envolvidos nas atividades comerciais, aumentando assim a mobilidade dos carros; flexibilidade nos horários de execução das atividades principais (tendo em vista que as compras não ocorrem mais na comunidade, os supermercados estão cada vez mais envolvidos nas atividades comerciais, aumentando assim a mobilidade dos carros; flexibilidade nos horários de execução das atividades principais (SANTOS 2009, apud Mcidade, 2006) e as facilidades para comprar automóveis, o que torna cada vez mais motorizadas algumas pessoas que antes não podiam obter automóveis (SANTOS 2009, apud NTU, 2006).

Comentado [DSdR32]: É o item "e" mesmo?

Comentado [DSdR33]: Nessa seção

Comentado [DSdR34]: Remover vírgula.

Comentado [DSdR35]: Remover vírgula.

Comentado [DSdR36]: Texto repetido .. aparece duas vezes.

Comentado [DSdR37]: Remover vírgula.

Comentado [DSdR38]: Remover vírgula.



Para entender essa mobilidade, ou seja, o fluxo de tráfego, sistemas de monitoramento de tráfego precisam ser usados para medir as condições de tráfego, como câmeras de vigilância de vídeo de tráfego, e outra tecnologia de detecção que coleta diretamente o movimento do veículo, como smartphones, sistemas de navegação de veículos e drones câmeras etc. Mas, o problema é como coletar dados de tráfego precisos, como fluxo de tráfego real. Uma das formas, segundo Tsuboi (2021), seria utilizar técnicas de aprendizado de máquinas em câmeras de trânsito espalhadas pela cidade para a detecção de veículos no trânsito. Para isso, pode-se utilizar o algoritmo de detecção *You Only Look Once* (YOLO). YOLO é um detector de objetos em tempo real, que usa *Deformable Part Based Model* (DPM) e *Region-based Convolution Neural Network* (R-CNN) para detectar e caracterizar objetos, como animais, automóveis, pessoas etc. Com a detecção, há como fazer a contagens de veículos, e com isso, gerar informações sobre fluxo de veículos (REDMON *et al.*, 2016).

## REFERÊNCIAS

BAS, Erhan *et al.* Automatic Vehicle Counting from Video for Traffic Flow Analysis. 2007 Ieee Intelligent Vehicles Symposium, [S.l.], p. 392-397, jun. 2007. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/ivs.2007.4290146>. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4290146?arnumber=4290146>. Acesso em: 25 set. 2021.

BUOSI, Marcelo de Almeida. Mobilidade inteligente: proposta de framework de big data analytics para análise de dados de mobilidade urbana em uma smart city. 2018. 152 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Centro de Ciências Socioeconômicas, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00004f/00004f56.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

GERLOUGH, Daniel L.; HUBER, Matthew J. *Traffic Flow Theory: a monograph*. Washington, D.C: Trb, 1975. 233 p. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/00004f/00004f56.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

GOVERNMENT, Nsw. **SCATS**. Disponível em: <https://www.scats.nsw.gov.au/>. Acesso em: 30 set. 2021.

PUMATRONIX. **Quem Somos**. 2021. Disponível em: <https://pumatronix.com/quem-somos/>. Acesso em: 30 set. 2021.

REDMON, Joseph *et al.* You Only Look Once: unified, real-time object detection. 2016 Ieee Conference On Computer Vision And Pattern Recognition (Cvpr), [S.l.], p. 779-788, jun. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cvpr.2016.91>.

SANTOS, Lilian da Silva. Análise da influência da variação espacial da oferta de um modo de transporte público urbano no comportamento de viagem de seus usuários. 2009. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4185/1/2009\\_LiliandaSilvaSantos.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4185/1/2009_LiliandaSilvaSantos.pdf). Acesso em: 30 set. 2021.

SILVA, Paulo Cesar Marques da. **Teoria do fluxo de tráfego**: engenharia de tráfego. ENGENHARIA DE TRÁFEGO. 1994. Disponível em: <http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/teoria-do-fluxo-de-traffic.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

TSUBOI, Tsutomu. *Traffic Flow Analysis and Management. Design Of Cities And Buildings - Sustainability And Resilience In The Built Environment*, [S.l.], p. 1-15, 2 jun. 2021. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.95087>. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/75082>. Acesso em: 29 set. 2021.

WANG, Shiguang *et al.* Analyzing urban traffic demand distribution and the correlation between traffic flow and the built environment based on detector data and POIs. European Transport Research Review, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 10-50, jun. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12544-018-0325-5>. Disponível em: <https://etr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-018-0325-5>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZHANG, Kaisheng *et al.* Analyzing spatiotemporal congestion pattern on urban roads based on taxi GPS data. Journal Of Transport And Land Use, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 675-694, 19 jun. 2017. Center for Transportation Studies. <http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2017.954>. Disponível em: <https://www.jtlu.org/index.php/jtlu/article/view/954>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZHANG, Tianqi *et al.* Impact Analysis of Land Use on Traffic Congestion Using Real-Time Traffic and POI. Journal Of Advanced Transportation, [S.l.], v. 2017, p. 1-8, 2017. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/7164790>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/jat/2017/7164790/>. Acesso em: 25 set. 2021.

ZOU, Zhengxia *et al.* Object Detection in 20 Years: a survey. **Corr.** [S. l.], v. 190505055, p. 1-39, 28 maio 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1905.05055>. Acesso em: 30 set. 2021.

**Comentado [DSdR39]:** Usar ABNT In: (evento).

**Comentado [DSdR40]:** Abreviar.

**Comentado [DSdR41]:** Negrito.

**Comentado [DSdR42]:** Negrito.

**Comentado [DSdR43]:** Usar ABNT In: (evento).

**Comentado [DSdR44]:** Abreviar.

**Comentado [DSdR45]:** Negrito.

**Comentado [DSdR46]:** Abreviar.

**Comentado [DSdR47]:** Negrito.

**Comentado [DSdR48]:** Negrito.

**Comentado [DSdR49]:** Usar ABNT In: (evento).

**Comentado [DSdR50]:** 2017a

**Comentado [DSdR51]:** Usar ABNT In: (evento).

**Comentado [DSdR52]:** 2017b

**Comentado [DSdR53]:** Negrito.

**Comentado [DSdR54]:** Não negrito.

# FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO BCC – PROFESSOR TCC I

Avaliador(a): Dalton Solano dos Reis

ASPECTOS AVALIADOS <sup>1</sup>		atende	atende parcialmente	não atende
ASPECTOS TÉCNICOS	1. INTRODUÇÃO O tema de pesquisa está devidamente contextualizado/delimitado?	X		
	O problema está claramente formulado?	X		
	2. OBJETIVOS O objetivo principal está claramente definido e é passível de ser alcançado?		X	
	Os objetivos específicos são coerentes com o objetivo principal?	X		
	3. JUSTIFICATIVA São apresentados argumentos científicos, técnicos ou metodológicos que justificam a proposta?	X		
	São apresentadas as contribuições teóricas, práticas ou sociais que justificam a proposta?	X		
	4. METODOLOGIA Foram relacionadas todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do TCC?	X		
ASPECTOS METODOLÓGICOS	Os métodos, recursos e o cronograma estão devidamente apresentados?	X		
	5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (atenção para a diferença de conteúdo entre projeto e pré-projeto) Os assuntos apresentados são suficientes e têm relação com o tema do TCC?	X		
	6. LINGUAGEM USADA (redação) O texto completo é coerente e redigido corretamente em língua portuguesa, usando linguagem formal/científica?	X		
	A exposição do assunto é ordenada (as ideias estão bem encadeadas e a linguagem utilizada é clara)?	X		
	7. ORGANIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO GRÁFICA DO TEXTO A organização e apresentação dos capítulos, seções, subseções e parágrafos estão de acordo com o modelo estabelecido?	X		
	8. ILUSTRAÇÕES (figuras, quadros, tabelas) As ilustrações são legíveis e obedecem às normas da ABNT?	X		
	9. REFERÊNCIAS E CITAÇÕES As referências obedecem às normas da ABNT?		X	
	As citações obedecem às normas da ABNT?	X		
	Todos os documentos citados foram referenciados e vice-versa, isto é, as citações e referências são consistentes?	X		

Comentado [DSdR55]: Artefatos ...

Comentado [DSdR56]: Indicados no texto.



UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO I  
CURSO: CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO - BCC

**ATA DA DEFESA: BANCA DO PRÉ-PROJETO**

Venho, por meio deste, manifestar minha avaliação sobre a **apresentação** do Pré-Projeto de TCC realizado pelo(a) acadêmico(a), Celio Rodrigues Junior no **SEGUNDO SEMESTRE DE 2021**, com o título **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO TRÂNSITO DE BLUMENAU EM RELAÇÃO A ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS**.

A referida apresentação obteve a seguinte nota:

Componente da Banca	Nota (de 0 a 10)
<b>Professor(a) Orientador(a):</b> Aurélio Faustino Hoppe	<b>10,0</b>

A apresentação aconteceu em 21 / 10 / 2021 na sala de reunião virtual do MS-Teams, tendo início às 20 : 04 hs e foi encerrada às 20 : 30 hs.

**ATENÇÃO.** A nota acima se refere somente a apresentação do pré-projeto e vai ser repassada para o aluno (orientando). Favor preencher os campos acima e enviar por e-mail ao professor de TCC1 ([dalton@furb.br](mailto:dalton@furb.br)). Lembro que os arquivos com as anotações das revisões do professor de TCC1 e Avaliador serão enviados para o orientando e professor orientador após o professor de TCC1 receber esta ata preenchida. Caso julgue necessário fazer mais alguma consideração relacionada ao pré-projeto ou a defesa, favor usar o espaço abaixo.

Observações da apresentação: