



UNIVERSIDADE DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CAMPUS AÇAILÂNDIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL BACHARELADO

JOÃO LUCAS REIS BARBOZA

ANÁLISE DA CAPACIDADE BÁSICA EM RÓTULA SITUADA ENTRE AS RODOVIAS BR-010 E BR-222 NA CIDADE DE AÇAILÂNDIA DO ESTADO DO MARANHÃO

Açailândia-MA

2023

JOÃO LUCAS REIS BARBOZA

ANÁLISE DA CAPACIDADE BÁSICA EM RÓTULA SITUADA ENTRE AS RODOVIAS BR-010 E BR-222 NA CIDADE DE AÇAILÂNDIA DO ESTADO DO MARANHÃO

Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, campus Açailândia, como requisito para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof^o. Randal Silva Gomes

Açailândia-MA

2023

B239a

Barboza, João Lucas Reis

Análise da capacidade básica em rótula situada entre as rodovias BR - 010 e BR - 222 na cidade de Açailândia do estado do Maranhão - / João Lucas Reis Barboza – Açailândia: UEMASUL, 2022.

20 f. : il.

Artigo (Curso de Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2022.

Orientador: Prof. Esp. Randal Silva Gomes

1. Tráfego urbano. 2. Rotatória. 3. Capacidade de fluxo. I. Título.

CDU 656.05(812.1)


JOÃO LUCAS REIS BARBOZA

ANÁLISE DA CAPACIDADE BÁSICA EM RÓTULA SITUADA ENTRE AS RODOVIAS BR-010 E BR-222 NA CIDADE DE AÇAILÂNDIA DO ESTADO DO MARANHÃO


Artigo apresentado ao Curso Engenharia Civil da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, campus Açailândia, como requisito para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Aprovado em 11 / 01 / 2023


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 RANDAL SILVA GOMES
Data: 24/01/2023 11:31:18-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

RANDAL SILVA GOMES
MBA em Infraestruturas de Transportes
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 LEONARDO TELLES DE SOUZA PESSOA FILI
Data: 25/01/2023 09:03:01-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

LEONARDO TELLES DE SOUZA PESSOA FILHO
MBA em Infraestruturas de Transportes e Rodovias
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 ANA CAROLINE PEREIRA NOLASCO
Data: 24/01/2023 12:08:47-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

ANA CAROLINE PEREIRA NOLASCO
MBA em Engenharia Ferroviária
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

Análise da capacidade básica em rótula situada entre as rodovias BR-010 E BR-222 na cidade de Açailândia do Estado do Maranhão

Analysis of the basic capacity in a roundabout located between the BR-010 and BR-222 highways in the city of Açailândia in the State of Maranhão

João Lucas Reis Barboza¹

¹ Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, campus Açailândia/MA, Brasil. Email: joaobarboza.2017081438@uemasul.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6444-3762>

Resumo: O objetivo do trabalho foi analisar a capacidade e desempenho da rotatória existente na interseção das rodovias BR-010 e BR-222 com o intuito de verificar se a mesma opera dentro do nível de serviço adequado, e, se necessário, sugerir possíveis medidas objetivando a melhoria do fluxo de tráfego no local. Uma interseção em rótula deve suprir adequadamente a demanda de veículos, quando isso não acontece, ocorre a formação de filas e lentidão nos ramos da rotatória, provocando atrasos significativos, mantendo o trânsito lento e aumentando o risco de acidentes. Diante dos resultados obtidos, verificou-se que a rotatória em questão não está operando dentro dos padrões e já apresenta sinais que evidenciam tal fato. A rotatória durante o horário de pico foi classificada com o nível de serviço F, apontando uma sobrecarga do dispositivo. Percebe-se, então, que há a necessidade de aplicar medidas no entrocamento, visando uma melhor fluidez do trânsito e segurança para os usuários da via. Os resultados justificam o estudo e comprovam a necessidade de mudanças na interseção, considerando que na atual configuração a rotatória não apresenta condições de desempenho suficiente para atender a demanda atual de veículos.

Palavras-chave: Tráfego urbano. Rotatória. Capacidade de fluxo.

Abstract: The objective of this work is to analyze the capacity and performance of the existing roundabout at the intersection of the BR-010 and BR-222 highways in order to verify if it operates within the adequate service level, and, if necessary, suggest possible measures to improve traffic flow. A roundabout intersection must adequately supply the demand for vehicles, when this does not happen queues form and slow down all branches of the roundabout, causing significant delays, keeping traffic slow and increasing the risk of accidents. Given the results obtained, it was found that the roundabout in question is not operating within the standards and already shows signs that show this fact. The roundabout during peak hour was classified with service level F, indicating an overload of the device. It is clear, then, that there is a need to apply measures at the intersection, aiming at better traffic flow and

safety for road users. The results justify the study and prove the need for changes in the intersection, considering that in the current configuration the roundabout does not present sufficient performance conditions to meet the demand of vehicles.

Keywords: Urban traffic. Roundabout. Flow capacity.

1. Introdução

Os trabalhos acadêmicos que verificam a projeção e capacidade das vias é fundamental na engenharia e está diretamente relacionada ao crescimento econômico da sociedade, inclusive do país. Nesse sentido, o Brasil é um país com predominância do modal rodoviário para transporte de cargas, representando cerca de 60% da matriz de transporte brasileira (DARTORA, 2015).

Nesse panorama, a infraestrutura corresponde aos serviços essenciais para o desenvolvimento socioeconômico de uma região, a citar, o saneamento, transporte e energia. Por outro lado, a ausência ou deficiência de infraestrutura resulta numa redução do aporte de investimentos refletindo diretamente na competitividade das empresas e na contratação de novos funcionários.

Por isso, o incentivo aliado ao investimento em mobilidade urbana que compreende a construção de estradas, aeroportos, ferrovias, hidrovias e portos é crucial para o desenvolvimento econômico, já que reflete diretamente na movimentação de pessoas e mercadorias. Alguns problemas são comuns nos grandes centros urbanos e em vias de grande fluxo, onde o aumento da frota de veículos vem causando a saturação do sistema viário, ocorrendo pontos congestionados, velocidades reduzidas, aumentando o tempo de viagem e índices de acidentes no trânsito.

Essa falha na dinâmica urbana reflete negativamente no cotidiano dos usuários das vias de tráfego, afirma Millack (2014) a falha na mobilidade urbana influencia diretamente na qualidade de vida da população e segundo Souza (2014) a questão da importância da mobilidade urbana não está ligada somente ao simples fato de realizar um deslocamento de um ponto a outro, mas sim conseguir realizá-lo de forma segura, eficiente e com qualidade.

Desse modo, o trabalho escolhido foi o estudo de caso de uma interseção em rótula que provavelmente apresenta capacidade de tráfego inapropriada. Poderá existir a necessidade de adaptação da interseção para o volume do tráfego solicitado atualmente. Quando uma interseção em rótula não está mais suprindo sua demanda de veículos, ocorre a formação de filas e lentidão em todos os ramos da rotatória, provocando atrasos significativos, mantendo o trânsito lento e elevando o risco de acidentes. Visto que na maioria dos casos o sistema viário já está implantado e operando em condições superiores

do que foram projetados anteriormente, faz-se necessário constante acompanhamento do tráfego local na busca de soluções para melhorias no fluxo.

Chagas (2009) afirma que o constante monitoramento do comportamento do trânsito da cidade tem como objetivo avaliar e implantar medidas para a adequação do sistema existente com a atual situação, conciliando com o planejamento urbano.

Para Fonseca (2010), os estudos de tráfego são requisitos importantes para o planejamento, conservação e segurança no tráfego, que também podem ser realizadas com o intuito de averiguar condições das ruas urbanas e suas interseções. Com o resultado das pesquisas o setor da engenharia de tráfego pode analisar e encontrar a melhor solução para as dificuldades e adotar as melhorias e mudanças necessárias.

O cruzamento em análise é um ponto de significativa importância na cidade de Açailândia, já que dá acesso em três sentidos diferentes de alto fluxo: sentido a cidade de Imperatriz, a cidade de Itinga do Maranhão e sentido a capital do estado, São Luís. Neste aspecto, é fundamental que o fluxo de veículos tenha uma boa fluidez e garanta condições adequadas de tráfego.

Nessa interseção encontra-se polos geradores de alto tráfego, podendo citar principalmente a Avenida Desembargador Tácito de Caldas, centro da cidade e polo comercial; a BR-222 sentido São Luís e BR-010 que possuem alto tráfego de todos os tipos de cargas.

É importante destacar que essa interseção, por servir de acesso para as principais saídas da cidade e outros bairros, apresenta um fluxo considerável de veículos grandes, como caminhões, carretas e ônibus. Esses veículos de grande porte influenciam diretamente na velocidade do trânsito e no nível de serviço e operação da rotatória. Desta maneira, além do fluxo de veículos de passeio, a interseção recebe a passagem de veículos pesados, devido principalmente ao escoamento de carretas para a empresa Suzano em Imperatriz - MA e vários tipos de veículos pesados para o pátio multimodal da mineradora Vale, agravando a situação no local e deixando o tráfego mais intenso e lento.

Considerando os aspectos citados, a análise da capacidade de fluxo da rotatória faz-se necessária para a definição dos principais geradores dos problemas atualmente encontrados na interseção. Nesse panorama, o objetivo deste trabalho é analisar a capacidade de fluxo e desempenho da rotatória existente na interseção das rodovias BR-010 e BR-222 com o intuito de verificar se a mesma opera dentro do nível de serviço adequado, e, se necessário, sugerir possíveis medidas visando à melhoria do fluxo de tráfego.

Percebe-se que os resultados obtidos contribuirão significativamente para uma futura

melhoria do cruzamento, visando garantir que o funcionamento do dispositivo viário tenha capacidade para atender, com adequado nível de serviço, as demandas de tráfego atual e futuras. Por fim, é importante salientar que a qualidade de vida dos usuários seria positivamente afetada com melhorias e recuperação necessárias da interseção em estudo.

2. Metodologia

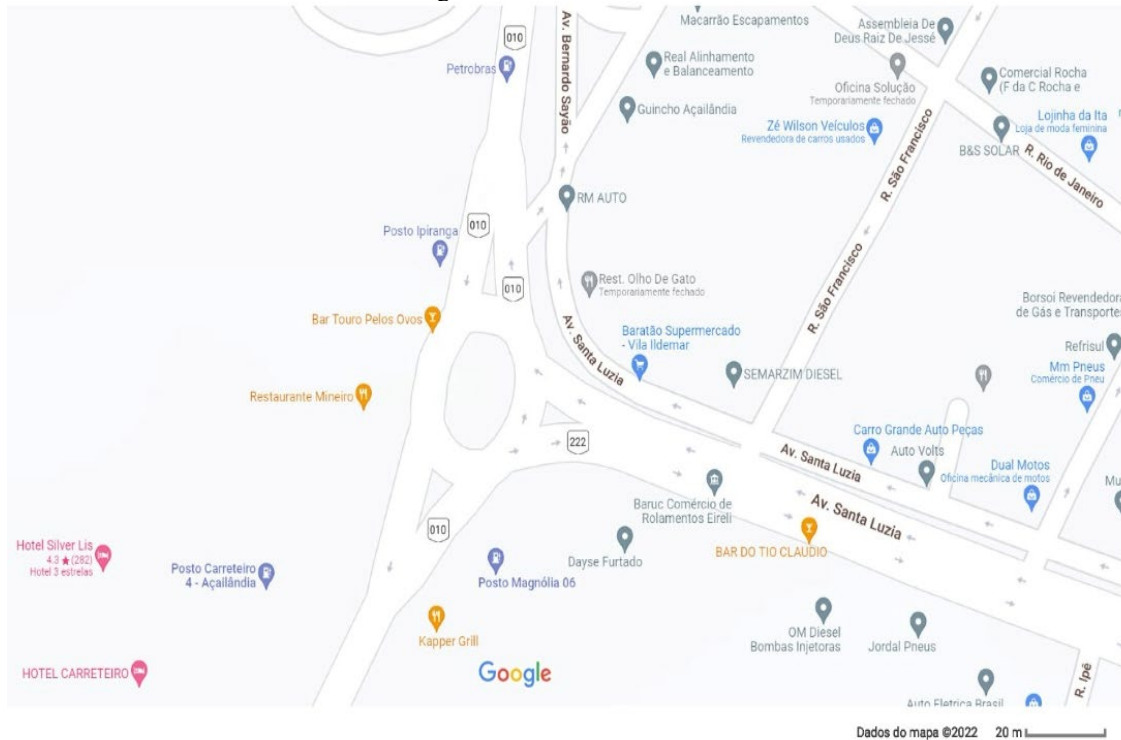
A interseção do estudo de caso está localizada no centro da cidade, ponto de grande movimento (FIGURA 1). A rotatória analisada possui três ramos, duas vias de circulação e é composta pelo encontro de duas rodovias federais:

- a) BR-010 - compreende 1.959 quilômetros de extensão, perpassando pelo Distrito Federal, Goiás, Tocantins e Maranhão. Utilizada principalmente para o escoamento de grãos produzidos no Sudeste do Tocantins.
- b) BR-222 - com extensão 1811,6 km constitui uma rodovia federal que interliga Fortaleza, capital do Ceará, à cidade de Marabá, no Pará, unindo também os estados do Piauí e Maranhão.

Para a análise de capacidade das rotatórias urbanas, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2005) cita metodologias estrangeiras como o Highway Capacity Manual (2000) dos Estados Unidos, o Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen - HBS (2001) da Alemanha e o The Traffic Capacity of Roundabouts da Inglaterra. O manual brasileiro do DNIT assume como referência para o cálculo o método das normas alemãs, devido a sua facilidade de uso.

O DNIT (2005) ressalta que a capacidade de uma rotatória na Alemanha é mais baixo que em 45 outros países da Europa, tornando mais segura à sua utilização. Alia-se a isso a simplicidade e à facilidade do uso, as normas alemãs constituem a base para a determinação de capacidade e de nível de serviço para os projetos de rótulas no Brasil (BRILON, 2011).

Figura 1 - Rotatória analisada



Fonte: Google Maps (2022).

Para se determinar os valores de fluxo de veículos das matrizes, os veículos devem ser transformados em valores correspondentes a carros de passeio (UCP), então, é utilizado um fator de equivalência expresso no Quadro 1. Quando não há classificação dos tipos de veículos, adota-se o fator equivalente a “Sem Informação” (SI).

QUADRO 1 - Fatores de equivalência em UCP

TIPO DE VEÍCULO	Carros de passeio - VP	Caminhões e ônibus - CO/O	Semireboques e reboques - SR/RE	Motocicletas - M	Bicicletas - B	Sem informação - SI
Fator de equivalência	1	1,5	2	1	0,5	1,1

Fonte: DNIT (2005).

De modo resumido, o DNIT (2005) elenca cinco classificações básicas de veículos presentes nos fluxos de tráfego, conforme Quadro 2. Solek e Marcusso (2018) destacam que a categoria CO, totaliza 77% dos veículos comerciais leves, semi-leves e médios e toda a frota de ônibus para transporte coletivo de passageiros nas cidades brasileiras. As dimensões comuns de veículos desta categoria incluem largura total de 2,60 metros, comprimento total de 9,10 metros e raios mínimos de

giro das rodas entre 8 e 13 metros.

QUADRO 2 - Categorização e breves descrições dos veículos de projeto

Tipo	Definição
VP	Representa veículos leves e os que se assemelham a veículos de passeio.
CO	Representa veículos comerciais rígidos e não articulados.
O	Representa veículos comerciais de grandes dimensões, como ônibus urbanos, de longo percurso e turismo, bem como caminhões longos.
SR	Representa veículos comerciais articulados com uma unidade tratora e um semirreboque.
RE	Representa veículos comerciais com reboque.

Fonte: DNIT (2005).

Com relação a elaboração da matriz origem-destino é preciso antes determinar os fluxos em cada ramo da interseção. Por isso, é importante conhecer todas as origens e destinos dos condutores que se encontram nas proximidades da rótula. O fluxo da matriz origem-destino devem estar convertidos para UCP.

A capacidade Básica (G_i) de cada entrada (i) pode ser determinada mediante o gráfico da Figura 2. Onde pode ser apresentadas três hipóteses de acordo com o número de faixas em seu acesso e também dentro da rotatória.

Realizou-se o cálculo da capacidade da rotatória para o horário de pico definido e a partir da matriz de origem e destino, foram definidos os valores necessários para o cálculo da capacidade básica (G_i), que é a capacidade de entrada. Depois de realizado o cálculo de capacidade de entrada, Figura 2, realizou-se a determinação da Capacidade Residual (R_i), equação (1):

$$R_i = C_i - Z_i \quad (1)$$

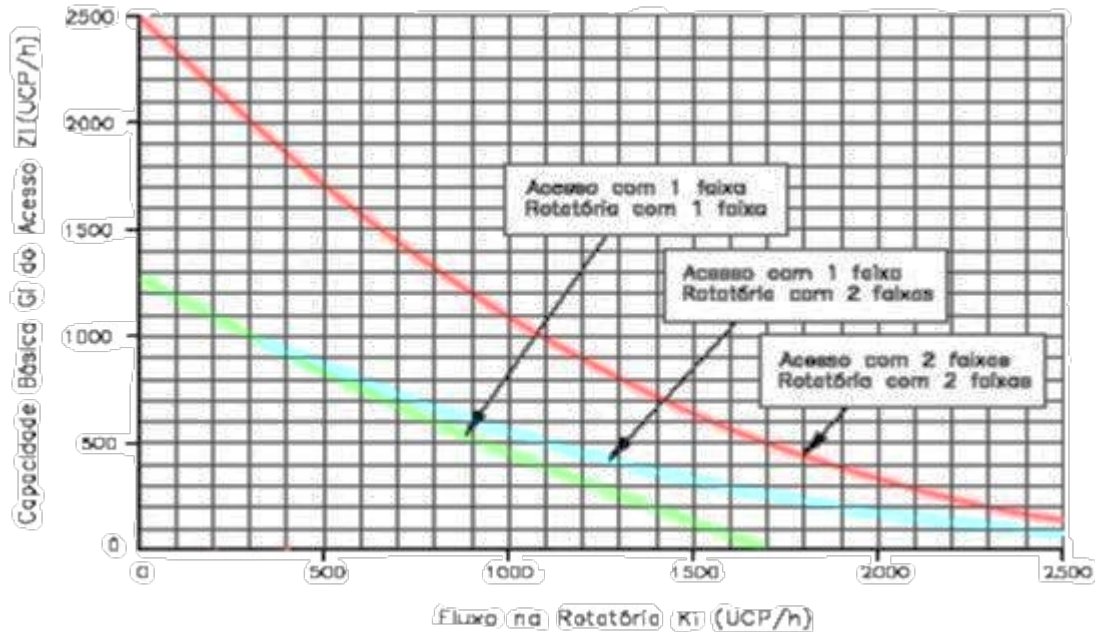
Em que:

R_i = capacidade residual, em UCP/horas.

C_i = capacidade da entrada, em UCP/horas.

Z_i = fluxo da entrada, em UCP/horas.

Figura 2 - Capacidade das entradas na rotatória



Fonte: DNIT (2005).

O tempo médio de espera (TME_i) de cada acesso foi obtido conforme o Manual do DNIT (2005), em função da capacidade residual (R_i), e da capacidade da entrada (C_i).

A determinação dos níveis de serviço de uma rotatória pode ser variável, sendo de A a F, do melhor para o pior caso, e são definidos através do tempo de espera (TME) na interseção. O Quadro 3 apresenta os tempos em que cada nível se adequa.

QUADRO 3 - Níveis de serviço em função do tempo médio de espera

Tempo médio de espera - TME (s)	Nível de Serviço - NS
≤ 10	A
≤ 20	B
≤ 45	C
≤ 40	D
> 45	E
$R_i < 0$	F

Fonte: DNIT (2005).

Segundo o DNIT (2005), os níveis de serviço representam:

a) Nível A - maioria dos veículos da corrente de tráfego pode passar livremente pela interseção, praticamente sem sofrer atraso;

b) Nível B - capacidade de deslocamento dos veículos da corrente secundária é afetada pelo fluxo preferencial;

c) Nível C - motoristas da corrente secundária tem que estar atentos a um número expressivo de veículos da corrente principal;

d) Nível D - maioria dos motoristas da corrente secundária são forçados a efetuar paradas, com sensível perda de tempo;

e) Nível E - formam-se retenções de veículos, que não se reduzirão enquanto permanecerem os mesmos volumes de tráfego;

f) Nível F - número de veículos que chegam à interseção durante um longo intervalo de tempo é superior à capacidade. Significa que a interseção está sobrecarregada.

Para se obter o nível de serviço da rotatória, calcula-se o Tempo Médio de Espera da Rotatória TMER, que é obtido pela equação (2).

$$TMER = \sum_4^1 \frac{Z_i \times TME_i}{\sum Z_i} \quad (2)$$

Onde:

TMER = tempo médio de espera na rotatória, em segundos.

Z_i = fluxo da entrada i , em UCP/horas;

TME_i = tempo de espera da entrada i , em segundos.

Com a aplicação da equação (2) definiu-se o Tempo Médio de Espera da Rotatória (TMER) e o nível de serviço de toda a interseção. Com o nível de serviço definido, analisou-se as condições de operação do cruzamento.

Utilizando o quadro 3 pode-se averiguar o nível de serviço da rotatória, em função do tempo médio de espera (TMER). Se algum dos acessos atingir o nível F, a rotatória também estará no nível F de serviço.

Para o DNIT (2005) o nível de serviço máximo aceitado é o Nível D, abaixo disso deve-se prever melhorias ou outra forma de interseção. A capacidade de saída de uma rotatória de até duas vias de saída com faixa única corresponde de 1200 a 1400 UCP/h, segundo as normas alemãs.

3. Resultados e discussão

Os dados sobre a frota de veículos do município de Açailândia estão a disposição no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021) sendo encontrados valores das frotas do ano de 2021. É importante salientar que estes dados são referentes aos veículos registrados e

devidamente cadastrados no município, não estão inclusos nos totais os veículos que transitam pela cidade com emplacamento de outro município, e os veículos baixados, que teoricamente não deveriam estar em circulação. Também é importante lembrar que nem todos os veículos registrados estão em circulação dentro do município.

Identificou-se que a frota predominante no estado do Maranhão é de motos e motonetas que totalizam 1.144.257 veículos, em segundo lugar são os automóveis com 501.323 veículos e o terceiro lugar corresponde as caminhonetes com 144.379 veículos. Os caminhões registrados no estado do Maranhão correspondem a 52.330 veículos (IBGE, 2021).

O clima estava ensolarado com poucas nuvens em todos os dias que realizou-se a contagem dos veículos para as pesquisas de tráfego. Nesse período não foi identificado nenhuma situação inusitada ou mudança de tempo ou ainda interferência de trânsito, como apresenta o Quadro 4.

A contagem dos veículos foi realizada manualmente com o auxílio de uma planilha de contagem física, onde identificou-se os tipos de veículos para a contagem.

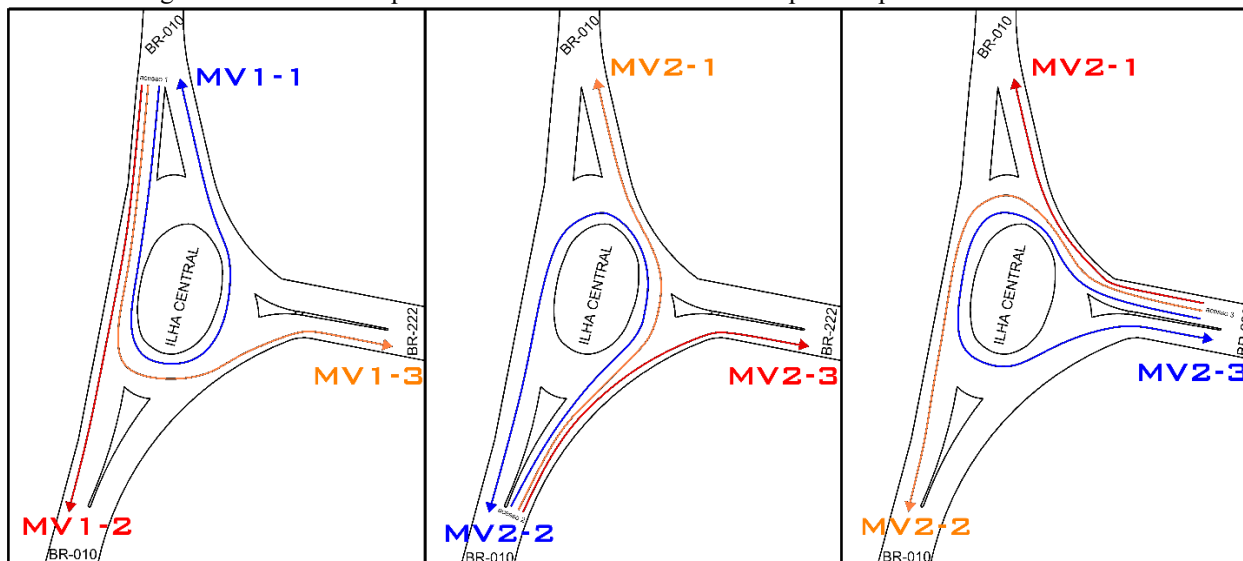
QUADRO 4 - Níveis de serviço em função do tempo de espera

DIAS UTILIZADOS NA CONTAGEM		FATORES AVALIADOS	
		CLIMA	INTERFERENCIAS
22/nov	Terça-feira	Ensolarado, com poucas nuvens	Não houve
23/nov	Quarta-feira	Ensolarado, com poucas nuvens	Não houve
24/nov	Quinta-feira	Ensolarado, com poucas nuvens	Não houve
29/nov	Terça-feira	Ensolarado, com poucas nuvens	Não houve
30/nov	Quarta-feira	Ensolarado, com poucas nuvens	Não houve
01/dez	Quinta-feira	Ensolarado, com poucas nuvens	Não houve

Fonte: Acervo do Autor (2022).

Com a classificação de origem e destino dos veículos foi possível numerar e identificar cada possível movimento realizado na interseção. Então, a rotatória analisada permite 9 movimentos, sendo eles conversão à direita, conversão à esquerda e retorno para cada um dos três ramos que chegam na rotatória. Todos os movimentos e suas devidas numerações foram apresentados na Figura 3.

Figura 3 - Movimentos possíveis na rotatória numerados e separados por cada acesso



Fonte: Acervo do Autor (2022).

Tozzi e Antoneto (2021) observam que as vias de comunicação favorecem o dinamismo e vitalidade das cidades, favorecendo o desenvolvimento de atividades econômicas, culturais, de lazer e habitação, dessa forma, devem apresentar capacidade adequada à demanda, fluidez constante e sobretudo segurança e ordenamento.

A numeração dos acessos foi realizada com o objetivo de facilitar a identificação no momento do cálculo e da apresentação dos resultados. A localização e numeração de cada acesso está apontado no Quadro 5.

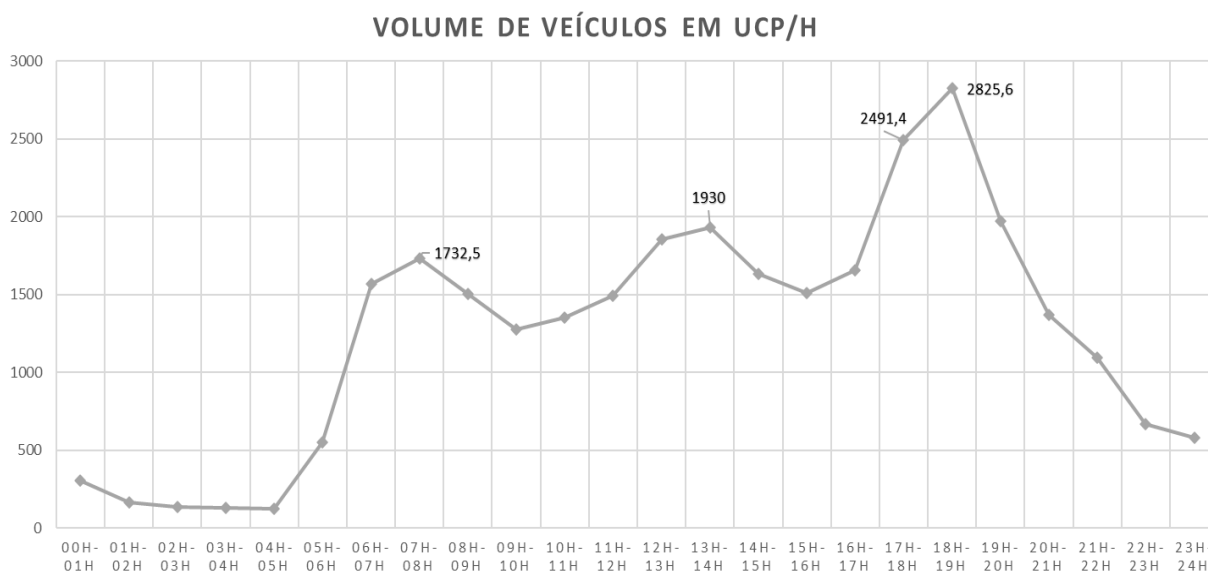
QUADRO 5 - Ramos da rotatória e numeração de acesso fornecida

Ramo da rotatória	Acesso
BR-010 (Sentido Itinga do Maranhão)	1
BR-010 (Sentido Imperatriz)	2
BR-222 (Sentido São Luís)	3

Fonte: Acervo do Autor (2022).

A contagem de veículo foi realizada num período de 24 horas, dia 22 de novembro (terça-feira). Com todos os volumes de veículos convertidos em UCP, iniciou-se o processo de definição da hora pico. Com o auxílio do Gráfico 1 pode-se identificar que ocorreram três picos em horários distintos, um pela manhã, outro a tarde e mais um no final da tarde, sendo que o pico do final da tarde é o maior e apresenta um elevado volume nos horários próximos.

GRÁFICO 1 - Volume de veículos em UCP ao longo do dia 22 de novembro, terça-feira



Fonte: Acervo do Autor (2022).

O volume por volta das 17:30h até as 18:30h se mantém acima de 2500 UCP a cada 15 minutos de contagem. Observa-se no Gráfico 1 que ocorre um grande pico de veículos no final da tarde. Para determinar a hora de maior pico foi somado as contagens dos quatro períodos de 15 minutos em cada combinação de hora possível durante todo o dia.

O Quadro 6 indica o horário de maior fluxo de veículos que corresponde de 17:30h às 18:30h e o volume total de pico, também é apresentado, sendo possível perceber que o fluxo é intenso na rotatória.

QUADRO 6 - Horário de pico e volume total durante o pico

Hora	Volume UCP/h
17:30 - 18:30	3099,4

Fonte: Acervo do Autor (2022).

Calculou-se o fator hora pico (FHP) com base nos dados da hora de maior pico (17:30h às 18:30h), o resultado obtido foi um FHP de 0,81, bem próximo dos limites considerados para locais com saturação de fluxo de veículos. O volume médio diário do dia 22 de novembro foi de 30.094,2 UCP, valor abaixo dos limites da norma americana, e acima dos limites da norma alemã.

Como verificou-se que o horário de pico corresponde das 17h30 às 18h30, a contagem do horário de pico foi realizada nos dias 22,23,24,29,30 de novembro/2022 e 1º de dezembro/2022, utilizando a mesma planilha de contagem e repetindo os mesmos procedimentos de conversão. O

objetivo central da contagem de vários dias no horário de pico era gerar uma coleta de dados mais próxima o possível do cotidiano.

Depois de todos os valores encontrados, calculou-se a média dos volumes em UPC/h, e a partir dela definiu-se a matriz origem destino (O/D). O Quadro 7 apresenta os valores médios de cada movimento no horário de pico utilizado para elaborar a matriz O/D.

Segundo Pedrosa et al. (2020), a capacidade - e por consequência o nível de serviço - pode ser afetado caso os fluxos da via principal (a via com os maiores fluxos) sejam muito superiores em relação aos da via secundária. Todavia, os autores relatam que a rotatória moderna é a melhor opção para diminuir os pontos de conflito em interseções, sendo este o principal fator relacionado à capacidade da mesma. Com isso, o grande fluxo de veículos no horário de pico seria fortemente reduzido, evitando congestionamentos, baixa qualidade de vida dos motoristas e ainda gerando mais segurança nas vias.

QUADRO 7 - Valores totais médios calculados para o horário de pico

HORÁRIO DE MAIOR PICO	
DIA	VOLUME TOTAL (UCP)
22/nov	3099,4
23/nov	2985
24/nov	3043,5
29/nov	3107
30/nov	2982,6
01/dez	3142,5
TOTAL	18360
MÉDIA	3060

Fonte: Acervo do Autor (2022).

Já com os valores médios calculados e tabelados foi montada a matriz O/D de volumes em UCP de cada média do horário pico. O Quadro 8 apresenta a matriz O/D, os valores encontrados na matriz serviram para o cálculo da capacidade e identificação do nível de serviço de acordo com o método alemão.

QUADRO 8 - Matriz O/D pico a partir dos volumes médios

HORÁRIO DE PICO (UCP/h)		DESTINO			
		1	2	3	TOTAL
ORIGEM	1	3	317,7	962,3	1283
	2	345,5	3	248	596,5
	3	798,3	299,5	128,1	1225,9
	TOTAL	1146,8	620,2	1338,4	3105,4

Fonte: Acervo do Autor (2022).

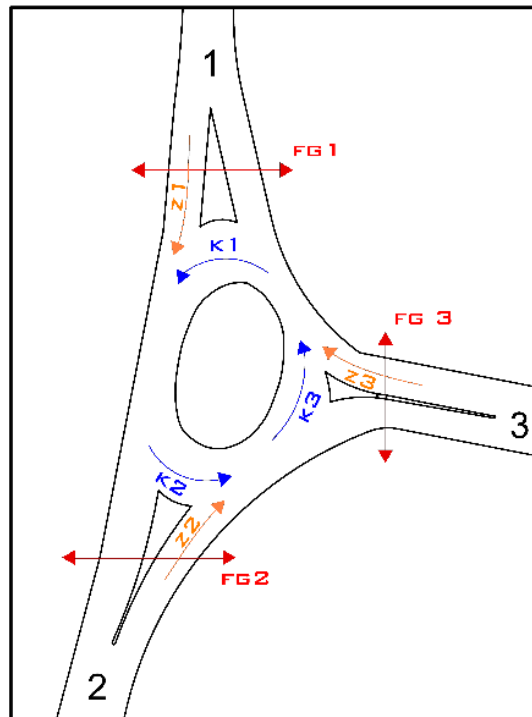
Para o cálculo da capacidade é importante frisar alguns conceitos fundamentais:

- a) Entrada Z_i - Todos os veículos que acessam a rotatória pela entrada i ;
- b) Arco K_i - Todos os veículos que circulam pelo arco i ;
- c) F_{gi} - Quantidade de pedestres que atravessam o acesso i .

A Figura 4 ilustra os três itens para facilitar a definição. Em relação ao arco k_i , deve-se ressaltar que ele é a disposição das somas dos veículos que circulam pelo arco em si, seu valor interfere diretamente no resultado do nível de serviço e consequentemente, a capacidade da rotatória.

Ressalta-se que o termo “capacidade” pode ser definido como o número máximo de veículos capazes de passar por uma seção durante um período determinado (DNIT, 2005). Com isso, os acessos da interseção devem possuir reserva suficiente de capacidade para acomodar o fluxo veicular que ingressa na mesma.

Figura 4 – Identificação dos fluxos de tráfego da rotatória



Fonte: Acervo do Autor (2022).

Diante dos resultados, observou-se que os acessos 1 e 2 apresentam um nível de serviço F, mas o acesso 3 apresentou um nível de acesso A. Infere-se, portanto, que a rotatória em análise (FIGURA 5) necessita de propostas de melhorias para o acesso à mesma.

Figura 5 - Rotatória analisada nessa pesquisa durante o horário de pico



Fonte: Acervo do Autor (2022).

Observou-se então que a rotatória em questão precisa de melhorias para evitar a sobrecarga de veículos no final da tarde, entretanto, sabe-se que alterações no sistema viário demandam tempo e recursos financeiros altos.

Nesse contexto, considerou-se os pontos que podem ser melhorados que podem ou não demandar tempo de estudo e custo alto de investimento. Três principais alterações que podem ser realizadas envolvem a adequação de elementos geométricos, sinalização vertical e horizontal na interseção e a duplicação dos dois acessos da BR-010, já que a BR-222, já possui um trecho duplicado que antecede sua entrada na rotatória. Todas essas soluções podem contribuir significativamente para o controle do tráfego. Acredita-se que se aplicados as melhorias, as condições de tráfego na interseção podem apresentar melhorias significativas na capacidade de fluxo e reduzir as consequências negativas que já foram mencionadas.

O Manual de Projeto de Interseções (DNIT, 2005) determina que o fator preponderante na preferência do tipo de interseção é o volume de tráfego, tanto no ambiente rural quanto no urbano. As diferentes condições de tráfego, velocidades e limitações específicas de um local resultam em interseções com características recomendadas para o mesmo. Por isso, a importância de estudos contantes para medir a capacidade de fluxo e observar se a demanda é atendida de forma satisfatória.

Por fim, o aumento da capacidade de fluxo e a estética da rotatória são pontos que também devem ser considerados.

4. Considerações finais

Nota-se que a rotatória não está operando dentro dos padrões e já apresenta sinais que evidenciam tal fato. O horário de pico do final da tarde foi classificado com nível de serviço F, apontando uma sobrecarga do dispositivo. Percebe-se, então, que há a necessidade de aplicar medidas no cruzamento, visando uma melhor fluidez do trânsito e segurança para os usuários da via.

Observou-se como ponto positivo nesta pesquisa a baixa incidência de acidentes de trânsito na rótula. Após uma pesquisa minuciosa das fichas de Atendimento Pré-Hospitalar (APH) do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) verificou-se apenas o registro de quatro ocorrências nos períodos de Janeiro de 2019 a Outubro de 2022, assim, pode-se inferir que a velocidade dos veículos não está acima do limite das vias.

Possivelmente, devido a análise dos dados colhidos na pesquisa, o nível de serviço da rotatória só atinge o nível F no período do horário de pico, entretanto, recomenda-se que sejam realizadas algumas alterações na rotatória, já que a tendência da frota de veículos da cidade é de aumentar e com isso causar mais sobrecarga na via durante outros horários, impactando na vida das pessoas, na economia e gerando também possíveis acidentes de trânsito.

É importante comentar que pelas recomendações dos manuais quando um dispositivo atinge nível de serviço F o ideal é que ele seja substituído. Como sugestão de trabalhos futuros recomenda-se o estudo para analisar as condições geométricas da rotatória e verificar se a mesma atende aos padrões determinados pela legislação pertinente.

Agradecimentos

Agradeço acima de tudo a Deus, pela saúde e por todas as conquistas alcançadas até hoje.

Agradeço aos meus pais, Marcio e Marlicé, por todo apoio e cuidado durante toda minha vida.

Ao meu orientador do Trabalho de Conclusão de Curso, Prof^o Randal Silva Gomes, pela paciência e conhecimento transmitido.

Ao proprietário da Parafix, Fábio Gomes de Araújo, por ceder a internet para conexão da câmera Wifi utilizada nas gravações da rotatória.

A empresa Luzes Açailândia, em nome de Ítallo Araújo, por liberar a utilização do poste de iluminação para a instalação da câmera.

A coordenadora do SAMU de Açailândia, Gerlane Lustosa, pelas informações cedidas sobre as ocorrências de acidentes de trânsito na rotatória.

A minha namorada, Juliana Santana da Silva, por toda ajuda, motivação e cobrança necessária para me manter sempre focado e dedicado.

E agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão da minha graduação e para a realização deste trabalho.

Referências

BRILON, W. **Studies on roundabouts in Germany: lessons learned.** In: INTERNATIONAL TRB-ROUNDOABOUT CONFERENCE, 3, Carmel, 2011. Proceedings... Washington (DC): Transportation Research Board, 2011.

CHAGAS, E. M. **Estudo do Sistema de Trânsito do Município de Feira de Santana:** Avaliação do Sistema de Trânsito da Avenida Senhor dos Passos. Feira de Santana: UEFS, 2009. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UEFS/ Departamento de Tecnologia.

DARTORA, H. **Estudo de caso:** comparativo entre o modal ferroviário e rodoviário no transporte de grãos de milho e soja no Alto Uruguai-RS. 2015. 74f. Dissertação (Especialista em Gestor do Agronegócio) - Universidade Federal do Paraná, Pós-graduação em Gestão do Agronegócio, Curitiba, 2015.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de projeto de interseções.** 2. ed. - Rio de Janeiro, 2005. 528p. (IPR. Publ, 718).

FONSECA, D. S. **Estudo de Tráfego da Praça Jackson do Amauri.** Feira de Santana: UEFS, 2010. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UEFS/ Departamento de Tecnologia.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades:** frota de veículos. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/pesquisa/22/28120>>. Acesso em: 23 nov. 2022.

MATOSO, R. G. R. **Análise de capacidade para implantação de uma rotatória moderna no cruzamento da Rodovia PR-423 com uma via secundária, município de Campo Largo/PR.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MILLACK, T. S. **Projeto Geométrico de uma Interseção em Desnível.** Florianópolis: UFSC, 2014. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - UFSC/ Centro Tecnológico.

PEDROSA, G. H.; SEQUINEL, L. F.; PAULINO, R.S. Análise da capacidade e nível de serviço em interseções de vias urbanas. In: **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 18, Porto Alegre, 2020. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

SOUZA, M. V. J. **Análise de Desempenho de uma Interseção não SemafORIZADA em Nível (Rotatória) Utilizando Microsimulação - Estudo de Caso:** Anel Viário da UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. 102 p. Projeto de Graduação UFRJ/ Escola Politécnica/Curso de Engenharia Civil.

TOZZI, V. O.; ANTONETO, A. L. **O ESPAÇO PÚBLICO URBANO INSERIDO NO SISTEMA VIÁRIO:** praças incorporadas em rotatórias. Anais Eletrônico XII EPCC UNICESUMAR - Universidade Cesumar Disponível em: <www.unicesumar.edu.br/epcc2021>. Acesso em: 21 out. 2022.