

## ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE DO TRANSPORTE PÚBLICO URBANO POR ÔNIBUS A UM POLO GERADOR DE VIAGENS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA DE ENSINO

**Francielly de Abreu Pessoa<sup>1</sup>**  
**Patrícia Baldini de Medeiros Garcia<sup>1</sup>**  
**Janaina Antonino Pinto<sup>2</sup>**  
**Helena Mendonça Faria<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI  
Campus Theodomiro Carneiro Santiago – Itabira/MG  
Instituto das Engenharias Integradas

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP  
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo  
LALT – Laboratório de Aprendizagem e Logística e Transportes

### RESUMO

Universidades são responsáveis por gerar alto fluxo de viagens impactando diretamente na acessibilidade do sistema de transporte público urbano, caracterizando-o como Polo Gerador de Viagens. Logo, este artigo aborda a quantificação do índice de acessibilidade do transporte público coletivo por ônibus a uma instituição de ensino. Para tanto, a metodologia proposta identificou a recorrência de estudos acadêmicos sobre o tema referido definindo o melhor método de cálculo da acessibilidade, sendo este com duas formulações diferentes, considerando-se dois fatores de atratividade (número de pessoas que têm acesso constante às atividades da universidade e tempo de viagem). Dos resultados, ambos métodos revelaram semelhança, demonstrando que quanto maior as distâncias e tempos de viagens a serem vencidos, pior é o índice de acessibilidade na área analisada, prejudicando o acesso. Em relação às viagens atraídas para a universidade, durante a semana existe uma constância, porém sexta-feira apresentou menor percentual (15%) em virtude do total.

### ABSTRACT

Universities are responsible for generating a high flow of travel, directly impacting the accessibility of the local public transport system, characterizing them as Travel Generating Poles. Therefore, this article addresses the quantification of the accessibility index of urban public transport by bus to an educational institution. To this end, the proposed methodology identified the recurrence of academic studies on the referred topic defining the best method of calculating accessibility, this being with two different formulations, considering two factors of attractiveness (number of people who have constant access to the activities of the university and travel time). From the results, both methods revealed similarity, demonstrating that the greater the distances and travel times to be overcome, the worse the accessibility index in an area, impairing access. Regarding the trips attracted to the university, during the week there is a constancy, but Friday had a lower percentage (15%) due to the total.

## 1. INTRODUÇÃO

A evolução dos meios de transportes, decorrente da Revolução Industrial, estimulou a produção em massa e obrigou os operários a realizarem um maior número de deslocamentos entre suas casas e as fábricas (Ferraz, 2004). Isso impactou na locomoção das pessoas, levando-as à dependência do modal motorizado e na configuração socioespacial do meio. Tais características resultaram na solicitação junto ao poder público quanto a implantação de um planejamento adequado a fim de integrar pessoas e modos de transporte no espaço público urbano.

Com as pessoas residindo em locais cada vez mais distantes, o planejamento urbano integrado se mostra necessário, a fim de viabilizar o desenvolvimento social e econômico das cidades, permitindo maior acesso da população. Assim, o transporte público urbano tornou-se necessário para suprir as necessidades de ir e vir das pessoas, em um mesmo veículo (Ferraz, 2004).

Aliado ao processo de expansão das cidades e ao aumento da frota de veículos há a recepção dos grandes empreendimentos, designados Polos Geradores de Viagens (PGVs) que são instaurados em determinadas regiões das cidades, os quais são responsáveis por promover a ocorrência de mudanças nas dinâmicas viária e espacial.

O *campus* da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI em Itabira/MG, local de foco deste estudo, é responsável por gerar muitas viagens, atraindo tanto pessoas quanto veículos, caracterizando-se como um PGV. Prontamente, surge a problemática: qual é o índice de acessibilidade do Transporte Público Coletivo (TPC) por ônibus a um Polo Gerador de Viagens em uma instituição pública de ensino? Com esse estudo busca-se mitigar os efeitos negativos pertinentes aos deslocamentos gerados, de modo que a mobilidade seja eficiente.

Assim, quantificou-se o índice de acessibilidade do TPC por ônibus ao PGV por meio da identificação de estudos que possuem recorrência quanto à temática, por meio de revisão sistemática de literatura, identificando os padrões de viagens realizadas, conforme o modo mais utilizado, além de mensurar a quantidade de pessoas que são atendidas pelo serviço de TPC ao *campus*.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

O embasamento teórico-conceitual deste estudo pautou-se em autores das áreas de acessibilidade e mobilidade, com concentração aos índices de acessibilidade, transporte público, Polos Geradores de Viagens, e abordagem de um PGV em uma instituição de ensino superior.

### **2.1. Acessibilidade e Mobilidade**

Para Ferraz (2004), a acessibilidade está condicionada à facilidade em se alcançar o ponto de embarque do TPC e à comodidade em sair do local de desembarque. E, associada à oportunidade para que as pessoas possam realizar suas atividades asseguradas pelo sistema de transporte.

O conceito de mobilidade, definido por Raia Jr. (2000), relaciona-se à capacidade do indivíduo em realizar seus deslocamentos diários (viagens), no atendimento à execução, aliada à liberdade de escolha. A mobilidade sustentável busca a redução de viagens realizadas por automóveis, mas de modo que não influencie na execução da infraestrutura e que haja priorização dos modos não motorizados e coletivos de transporte (Portugal e Mello, 2017).

A acessibilidade pode ser compreendida e operacionalizada de várias maneiras, assumindo significados diversos (Geurs e van Wee, 2004). No contexto do transporte de passageiros, os autores definem acessibilidade como a capacidade dos sistemas de transporte e do uso do solo de atingir as atividades e destinos individuais dos cidadãos, por meio da combinação de diferentes modos de transporte.

Geurs e van Wee (2004) identificaram quatro componentes-chave para medir e avaliar a acessibilidade: o uso do solo, que abrange a oferta e demanda de oportunidades; o transporte, considerando tempo, custos e esforço; o componente temporal, relacionado à disponibilidade de oportunidades ao longo do dia; e o componente individual, que reflete as necessidades e oportunidades únicas de cada pessoa em relação ao acesso a transportes e atividades distribuídas no espaço.

Neste contexto, o índice de acessibilidade deve ser estimado analisando-se a interação entre o transporte e o uso do solo, visto que, além do acesso das pessoas aos lugares urbanos, ele é capaz de influenciar a qualidade de vida dos usuários do transporte coletivo (Raia Jr, 2000). O alcance da acessibilidade impacta os padrões de viagens e a frequência destas, em que as pessoas que têm o menor índice são aquelas que mais necessitam e gastam maior valor e tempo em seus deslocamentos (Falavigna *et al.*, 2017).

A acessibilidade tem uma importante função, pois é por meio dela que se torna possível o acesso da população aos diversos locais, seja para estudo, lazer ou atividades empregatícias (Pedro *et al.*, 2017). Com o intuito de promovê-la e que contemple todo o território urbano em acordo com especificações de sustentabilidade, o planejamento em conformidade aos interesses e necessidades locais, deve integrar a acessibilidade em escalas espaciais.

As escalas se divergem em três categorias: a macro, contempla as regiões metropolitanas de forma geral, a qual solicita que redes de transportes sejam apropriadas, com integração multimodal; a microscópica, engloba os modos não motorizados; e a meso, envolve os modos de transportes não motorizados e motorizados (Kneib e Portugal, 2017). Dessa forma, é importante definir em qual escala uma determinada região está inserida, para que o uso do solo e o sistema de transportes possam contribuir com a acessibilidade integralmente às escalas.

### 2.1.1. Índices de Acessibilidade

A acessibilidade pode ser direcionada ao sistema de transportes ou ao destino. A avaliação da acessibilidade está condicionada a quantificação de um valor por meio de indicadores, e estes são divididos em grupos de medidas (Raia Jr., 2000):

- indicadores de rede que contempla a separação espacial - com particularidades relacionadas ao transporte (distância entre zonas e custo, por exemplo);
- quantidade de viagens (custo);
- oferta de transporte (número de linhas e frequência);
- combinação de transporte e uso do solo - une as características da separação espacial e atratividade; e,
- dados desagregados de transporte e uso do solo.

A literatura contempla diversos estudos orientados para modelos que avaliam a acessibilidade por meio de índices. Alguns deles estão apresentados no Quadro 1.

**Quadro 1: Metodologia para avaliação de diferentes tipos de índices de acessibilidade**

Autor	Tipo	Método
Davidson (1995)	Separação Espacial	$A_i = \sum_j S_j \times f_{(C_{ij})}$ <p>A<sub>i</sub>: acessibilidade da zona i; S<sub>j</sub>: medida de atratividade da zona j; C<sub>ij</sub>: parâmetro (custo, tempo) entre zonas i e j; f: função de impedância (exponencial ou potência).</p>
Dodgson (1974)	Quantidade de Viagens	$A_i = \sum_j P_{ij} C_{ij}^\alpha$ $P_{ij} = \frac{W_j}{C_{ij}} / \sum_j \frac{W_j}{C_{ij}}$ <p>A<sub>i</sub>: medida de acessibilidade da zona i; S<sub>j</sub>: probabilidade de ocorrer a viagem entre as zonas i e j; C<sub>ij</sub>: custo da viagem entre as áreas i e j; α: coeficiente de valor 1; W<sub>j</sub>: número de empregos na zona j.</p>

Dias (2008)	Oferta do Sistema de Transportes	$X_{i,p} = \frac{x_i - \min_{(xi)}}{\max_{(xi)} - \min_{(xi)}}$ $X_{i,p\ novo} = 1 - X_{i,p}$ $IA_{1P} = \sum_{i=1}^n X_{i,1} \times W_p$	<p><math>W_p</math>: peso atribuído a cada indicador.  <math>X_{i,p}</math>: valor normalizado de 0 a 1 do indicador <math>i</math> no lugar <math>p</math>;  <math>X_i</math>: valor obtido pelo indicador <math>i</math>;  <math>\max_{(xi)}</math>: maior valor do indicador <math>i</math> entre os pesquisados;  <math>\min_{(xi)}</math>: menor valor obtido pelo indicador <math>i</math>;  <math>IA_{1P}</math>: índice de acessibilidade;  <math>X_i</math>: indicadores apresentados;</p>
Hansen (1959)	Indicadores com dados agregados (aspectos de transporte e uso do solo)	$A_i^H = \sum_{j=1}^n \frac{D_j}{C_{ij}^2}$	<p><math>D_j</math>: atratividade da zona <math>j</math>;  <math>C_{ij}</math>: tempo de viagem entre <math>i</math> e <math>j</math>.</p>
Rosado e Ulissea (1999)		$A_i^S = \sum_j Nmat_j^S (C_{ij})^{-\beta}$	<p><math>A_i^S</math>: acessibilidade de <math>i</math> em relação às escolas que dispõem do serviço <math>s</math>;  <math>Nmat_j^S</math>: número de matrículas do tipo <math>s</math> em <math>j</math>;  <math>C_{ij}</math>: distância em metros entre <math>i</math> e <math>j</math>;  <math>\beta</math>: parâmetro de impedância (<math>\beta = 1,0</math>).</p>
Fórmula Geral –Raia Jr. (2000); Bracarense Ferreira (2018)	Indicadores com dados desagregados (aspectos de transporte e uso do solo)	$A_i = \sum_j W_j \cdot f_{(c_{ij})}$ $f_{(c_{ij})} = 1 \text{ se } (c_{ij}) \leq C$ $f_{(c_{ij})} = 1 \text{ se } (c_{ij}) \geq C$	<p><math>C</math>: medida de contorno (referência);  <math>W_j</math>: número de oportunidades na zona.</p>

Fonte: Adaptado de Bracarense e Ferreira (2018)

Os estudos apresentados e os demais presentes na literatura buscam apresentar métodos conforme parâmetros que auxiliem novos pesquisadores a mensurar o índice de acessibilidade.

## 2.2. Transporte Público

O Sistema de Transporte Público é necessário para promover a mobilidade urbana sustentável juntamente aos modos não motorizados, sendo esse um recurso para que ocorra a conexão entre as pessoas e bens de consumo. O estabelecimento do Ministério das Cidades ocasionou uma transformação aos transportes urbanos, e foi responsável pela Lei nº 12.587, que instituiu a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), a qual retrata diretrizes e questões sobre a política de mobilidade urbana no contexto local, priorizando o transporte coletivo, bem como os modos ativos, favorecendo a integração (Brasil, 2012).

É notável a importância das políticas públicas em prol do âmbito do transporte público coletivo, propiciando o desenvolvimento social e econômico da população, viabilizando a promoção da inclusão social no campo da mobilidade.

## 2.2. Polos Geradores de Viagens (PGVs)

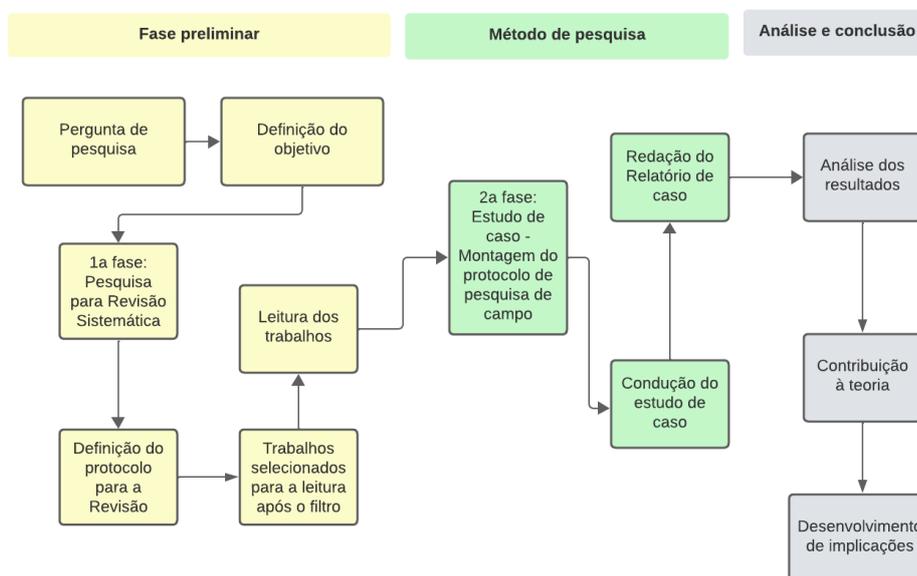
PGVs são estabelecimentos nos quais são desenvolvidas atividades de relevância e proporção favoráveis à produção considerável de viagens (Portugal e Goldner, 2003). A sua implantação é um desafio em relação ao trânsito, transporte e uso do solo, visto a sua importância e os impactos que eles podem provocar no local e na região. Quando este é bem planejado e bem projetado é capaz de motivar a adoção de políticas públicas para a demanda de viagens, promovendo mobilidade local mais sustentável e desenvolvimento da região (Processo..., 2005).

As universidades recebem um constante fluxo de transportes, portanto são pertencentes à classificação como PGV, assim sendo, devem apresentar estudos prévios às suas instalações,

com o propósito de evitar impactos negativos no local e em seu entorno. A Universidade Federal de Itajubá tem um *campus* instalado na cidade de Itabira/MG que atrai um grande número de pessoas e viagens, gerando congestionamentos, e motivando o aumento no intervalo de tempo para os deslocamentos. Ele fica localizado em uma zona industrial, próximo à Rodovia MG-129, apresentando-se como uma barreira espacial a ser vencida na promoção da acessibilidade ao sistema de TPC, já que, em horários de pico, as vias podem ter superlotação e gerar congestionamentos.

### 3. METODOLOGIA

O estudo compreendeu duas fases distintas e complementares (Figura 1). A primeira objetivou, por meio de pesquisa quantitativa, analisar e identificar, conforme a literatura disponível, a recorrência de estudos acadêmicos sobre a análise da acessibilidade do transporte público por ônibus e como estas estão sendo aplicadas; a segunda envolveu, por meio de um estudo de caso, quantificar o índice da acessibilidade ofertada aos usuários de um Polo Gerador de Viagens.



**Figura 1:** Esquema metodológico do trabalho

Fonte: Adaptado de Yin (2015)

#### 3.1. Revisão Sistemática de Literatura

A primeira fase deste estudo teve as seguintes etapas: 1ª - Identificação; 2ª - Seleção; 3ª - Elegibilidade; 4ª - Inclusão (Moher *et al.*, 2015), conforme os preceitos do protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA).

A 1ª etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) conforme as palavras-chave “*accessibility*” and “*public transport*”; “*acessibilidade*” e “*transporte público*”, utilizando do operador booleano (AND: E), organizados no *software Mendeley Desktop (versão 1.10.1)* e posteriormente, foram removidos os artigos duplicados.

Para a 2ª etapa, a de seleção dos artigos, pautou-se em critérios de inclusão: i) englobar publicações no período de 2012 a 2022; ii) abranger estudos em inglês e português; iii) mapear artigos que contemplam no título e resumo sobre índice de acessibilidade ao transporte público;

iv) incluir apenas periódicos revisados por pares. E quanto aos critérios de exclusão: i) artigos que não retratavam sobre a temática; ii) artigos escritos em outros idiomas.

A 3ª etapa, de elegibilidade contemplou a leitura completa dos trabalhos filtrados. Na 4ª etapa, de inclusão, considerou-se apenas publicações que abordavam sobre a definição de um índice de acessibilidade para o transporte público por ônibus.

### **3.2. Estudo de caso**

A segunda fase deste trabalho foi baseada na técnica de estudo de caso para investigar o índice de acessibilidade do TPC por ônibus no *campus* da Universidade Federal de Itajubá - *Campus* Theodomiro Carneiro Santiago (UNIFEI), que foi dividida em sete etapas.

A 1ª etapa deste estudo abrangeu a pesquisa bibliográfica. Na 2ª etapa foram escolhidas as variáveis para a elaboração do questionário, que contribuíram para as análises comportamentais dos usuários. Incluiu-se o levantamento das linhas de ônibus que contemplam a rota até a Unifei. O questionário foi adaptado ao modelo de Garcia (2013).

Na 3ª etapa foi apurado o total de usuários da instituição para o cálculo da amostra a ser aplicado o questionário. Utilizou-se a metodologia de Agranonik e Hirakata (2011), para população conhecida, com N=2416 pessoas frequentes no *campus*. Logo, inferiu-se o valor mínimo de 332 pessoas respondentes. Na 4ª etapa solicitou-se à Pró-Reitoria de Pesquisa da universidade uma autorização para aplicação do questionário de forma *online* e, em campo, presencialmente viabilizando assim respostas mais claras e concisas. A coleta foi feita entre os dias 19/10 e 16/11/22 (2ª a 6ª feiras, das 8 h às 18 h, excluindo-se feriados). As perguntas eram fechadas e abertas sobre: idade; razão da ida à instituição; origem do usuário; modo de transporte utilizado durante todo o deslocamento até o *campus*; frequência, entre outras.

Na 5ª etapa, os dados levantados presencialmente foram transcritos para o formulário *online*, de modo a organizá-los para uma posterior análise. Ademais, com o auxílio de uma planilha eletrônica, os dados foram quantificados e tabulados. A 6ª etapa consistiu na construção da base digital: mapas com dados dos setores censitários da cidade de Itabira, e, sistema viário, para identificação da distribuição espacial dos entrevistados. Realizou-se o processamento dos dados em dois *softwares*: *Google Earth Pro* (versão 2022) e *QGIS* (versão 3.20). A 7ª etapa envolveu a escolha do método quantitativo do índice de acessibilidade a ser utilizado, optando-se pela formulação de Hansen (1959) e o método adaptado de Rosado e Ulissea (1999), para ao final compará-los e avaliar a existência de correspondência entre eles.

## **4. RESULTADOS**

Os resultados consistiram na identificação da produção científica e na aplicação de um estudo de caso para quantificar o índice de acessibilidade do TPC por ônibus a uma instituição pública.

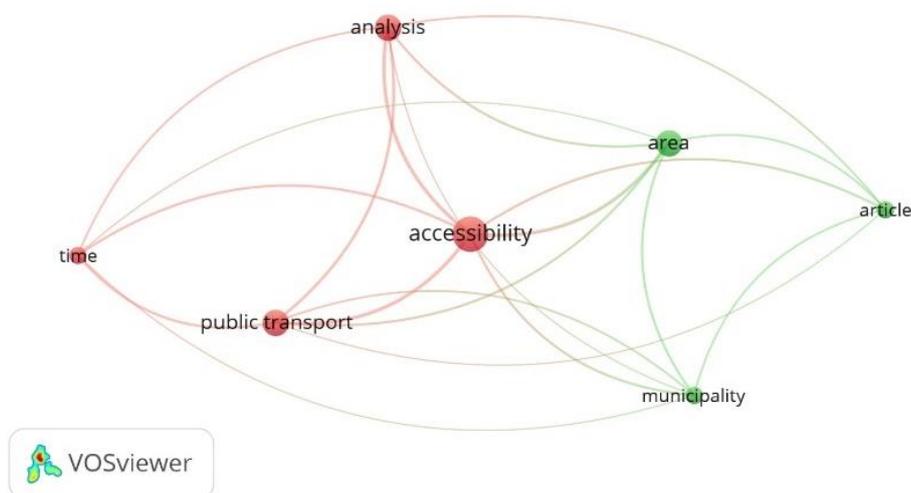
### **4.1. Revisão Sistemática da Literatura**

Foram identificados 2647 registros, dos quais foram analisados 12 artigos, contidos na base de periódicos da Capes considerando o período de 2012 a 2022. Verificou-se dispersão geográfica quanto aos locais nos quais as produções científicas foram realizadas. A Colômbia é o país com maior destaque de produção (25%), seguido pelo Brasil, com 16,67%, se justifica por tais países serem menos desenvolvidos em relação a Espanha e Itália, os quais possuem altos investimentos

na infraestrutura viária e no TPC. Uma importante característica nestes locais é a integração multimodal que propicia maior utilização deles.

Em relação aos periódicos, destacaram-se o *International Journal of Geo-Information* e a revista internacional *Sustainability*, com 3 publicações cada, representando 25% do total. Nas produções científicas analisadas constatou-se, por meio da estratégia de Nuvem de Palavras (*WordCloud*), que as palavras-chave com maior destaque foram: *accessibility*; *transport*; e, *public population*. A recorrência da palavra “*accessibility*” foi mais relevante nesta análise.

O software *VOSviewer* foi utilizado para analisar a recorrência das palavras-chave presentes nos 12 artigos. As palavras foram classificadas em 2 clusters: “*accessibility*” e “*área*” (Figura 2). Assim, a recorrência da palavra “*accessibility*” se manteve como na análise anterior, demonstrando similaridade entre técnicas diferentes.



**Figura 2:** Clusters de palavras-chave

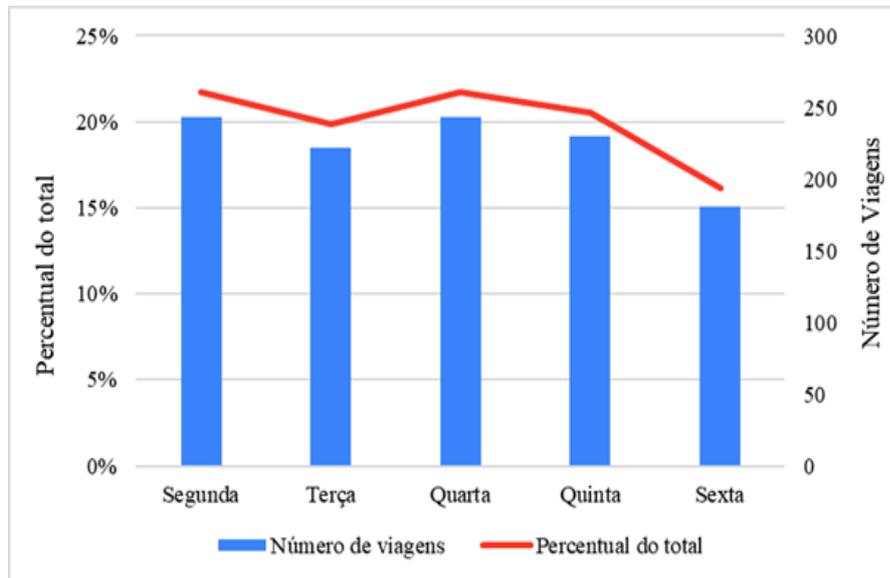
Segundo a análise de cada estudo na íntegra pode-se observar que os temas em geral continuam métodos diferentes na definição da acessibilidade, mas Hansen (1959) foi o de maior destaque. Os pontos mais abordados dos artigos analisados foram sobre o cálculo do índice de acessibilidade a serviços, seguido pelas áreas da saúde e, por fim, para ambientes educacionais. E quatro do total de artigos (33,33%) apresentaram análises conjuntas a dados georreferenciados.

#### **4.2. Aplicação estudo de caso em campus universitário**

Este estudo foi realizado no *campus* Theodomiro Carneiro Santiago, que está localizado na cidade de Itabira/MG, no bairro Distrito Industrial II. Seu entorno é marcado por um relevo bem acidentado, que afeta a articulação do sistema viário, comprometendo o acesso ao *campus* (Prefeitura Municipal de Itabira, 2016).

Foram coletadas 348 respostas, mas foram descartadas 16 delas, visto que não possuíam dados suficientes. Os demais, foram tratados para compreender padrões de viagem, (tempos, extensões das linhas); os modos mais utilizados; os motivos; a idade e sexo dos usuários. A distribuição das viagens realizadas conforme o modo utilizado demonstrou que a maior parte (78,62%) dos entrevistados são usuários ativos do TPC por ônibus, ratificando a necessidade e

importância deste modo para a referida instituição de ensino em análise. O percentual do total correlacionado ao número de viagens para o *campus* por (automóvel, ônibus e moto) no período de segunda-feira a sexta-feira, demonstra que segunda-feira e quarta-feira são os mais críticos, mas em um contexto geral existe uma relação de constância quanto a realização de viagens pelos usuários (Figura 3). A queda no fluxo nas sextas-feiras se justifica pela redução na quantidade de aulas.



**Figura 3:** Percentual de viagens atraídas nos dias de semana

Das viagens realizadas conforme o modo de transporte escolhido e o sexo do usuário (Tabela 1) observa-se que o percentual dos homens é maior (51,20%) comparado às mulheres (48,80%).

**Tabela 1:** Percentual de viagens realizadas por sexo segundo o modo

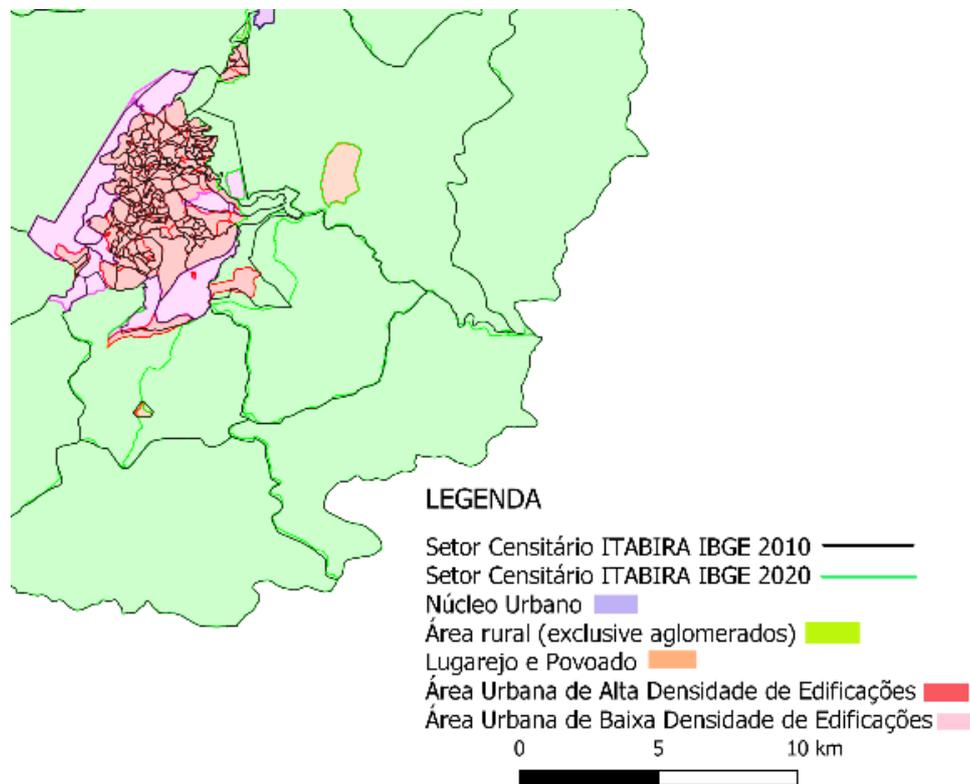
Modo	Feminino (%)	Masculino (%)	Total (%)
Automóvel	3,26	10,90	14,16
Ônibus	44,03	34,59	78,62
Moto	1,51	4,51	6,02
Bicicleta	0,00	0,90	0,90
A pé	0,00	0,00	0,00
Outros	0,00	0,30	0,30
Total	48,80	51,20	100,00

Os entrevistados relataram grandes dificuldades para o acesso ao TPC (carência de informações nos pontos de ônibus, falta de sinalização dos locais), e culminam em usuários insatisfeitos, favorecendo a busca pela utilização de outros meios de deslocamento.

#### 4.2.2. Índice de acessibilidade do tipo gravitacional

A Figura 4 apresenta os setores georreferenciados pelo *software Google Earth Pro (versão 2022)* e *QGIS (versão 3.20)* e se divergem conforme a quantidade de habitantes. O *campus* pertence à área urbana de Baixa Densidade de Edificações, por ser um bairro novo e afastado. Para definir o número de pessoas atraídas para o destino  $j$ , foram analisados os pontos de embarque e o setor censitário. Em relação à distância entre o setor ( $i$ ) e o destino  $j$ , os valores foram extraídos do mapa territorial dos setores censitários disponibilizado pelo IBGE (2010). Com o auxílio do

QGIS (versão 3.20) foi possível quantificar as distâncias mínimas entre eles, além do total de habitantes por setor, visto a indisponibilidade dos dados recentes de 2022.



**Figura 4:** Sobreposição da divisão espacial por Setor Censitário em Itabira (2010-2020)

Pelo foco ser a quantificação do índice de acessibilidade, obteve-se os valores da atratividade e distância das viagens para aplicação no método escolhido. Foi realizado também o levantamento de dados relativos à população de cada setor censitário. A análise envolveu 62 setores, conforme a distribuição espacial das redes viárias coletadas no questionário.

- **Cálculo do índice de acessibilidade**

Adaptou-se o método de Rosado e Ulissea (1999), considerando-se a atratividade representada pelo número de usuários do *campus*, a distância ( $i-j$ ), e a função impedância.

$$A_i^S = \sum_i N_{pessoas_j^S} e^{-\beta \ln C_{ij}} = \sum_i N_{pessoas_j^S} C_{ij}^{-\beta} \quad (1)$$

em que  $A_i^S$ : acessibilidade do local de origem  $i$  (setores censitários) ao *campus*;

$N_{pessoas_j^S}$ : usuários ativos do *campus* universitário (discentes, docentes e funcionários públicos);

$C_{ij}$ : distância entre  $i$  e  $j$  (metros); e

$\beta$ : parâmetro de impedância (1,0).

Dos resultados, 8 setores apresentaram os menores valores de  $A_i$  (índice de acessibilidade) 0,0002. Os maiores índices foram 0,0125, e 0,0061, pertencentes à categoria de alta densidade populacional. Os resultados sinalizam que não há acesso igualitário em relação às regiões. Ao aumentar-se a distância entre a origem e o destino, tem-se declínio do valor referente ao índice de acessibilidade, confirmando a teoria de Rosado e Ulissea (1999).

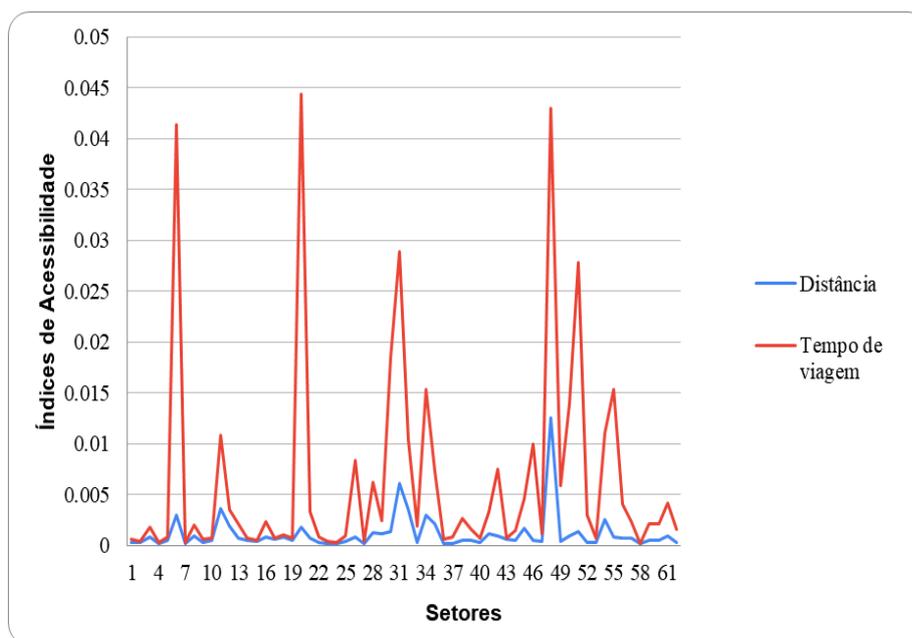
Analisando o parâmetro de atração de viagens, acessibilidade e população residente o setor que se destaca é o referente aos Bairros Gabiroba de Baixo e Ribeira de Baixo, áreas de alta densidade populacional, com parte das atividades voltadas ao *campus* universitário. Considerando-se o tempo de viagem por TPC por ônibus (tempo total entre o deslocamento da casa, trabalho e ou estágio até o ponto de ônibus com o tempo dentro do modal até o destino) como fator de impedância, estimou-se o índice de acessibilidade considerando este parâmetro com a finalidade de comparar se há discrepância para o mesmo tipo de método, porém com medidas  $C_{ij}$  diferentes. O indicador Hansen (1959) foi obtido por meio da equação 3.

$$A_i^H = \sum_{j=1}^n \frac{D_j}{C_{ij}^2} \quad (3)$$

em que  $D_j$ : atratividade da zona  $j$ ;

$C_{ij}$ : tempo de viagem entre  $i$  e  $j$ .

As regiões que representam os maiores valores de tempo de viagem em grande parte dos setores são responsáveis pelo menor índice de acessibilidade. A Figura 5 apresenta os resultados calculados pelos métodos de Rosado e Ulissea (1999) e Hansen (1959) e, é notório a diferença entre alguns setores, que apresentaram elevadas taxas dos índices de acessibilidade, em contrapartida, poucos setores obtiveram valores próximos para ambos os fatores.



**Figura 5:** Comparativo do índice de acessibilidade entre parâmetro (distância e tempo de viagem)

Vale destacar que os setores censitários com os piores  $A_i$  para critério de tempo de viagem são exatamente aqueles que também apresentaram os menores valores para critério de distância. Assim, há semelhanças entre elas, em função dos valores seguirem um padrão: função inversa de impedância. No entanto, uma considera o número de usuários do *campus* e, a outra, o tempo de viagem da origem até o *campus*, que impactam a acessibilidade. Logo, quanto maior o tempo de viagem, menor é a acessibilidade e vice-versa. Dessa forma, ambos valores são válidos, porém apresentam distinções por conta dos parâmetros empregados em cada uma das análises.

## 5. CONCLUSÕES

A instituição de ensino superior é categorizada como PGV por alterar o fluxo de viagens, devido ao volume de viagens atraídas e produzidas, e seu impacto no sistema viário. Para tanto, utilizou-se da revisão sistemática de literatura (PRISMA), estudo de caso e ferramentas para verificar nas bases bibliográficas a recorrência de estudos com técnicas de cálculos da acessibilidade ao TPC por ônibus e buscou-se quantificar este valor visando a equidade do sistema.

Dos resultados obtidos, há carência de estudos abrangentes de métodos que permitam mensurar a acessibilidade ao sistema de TPC por ônibus, para subsidiar amparo para propor melhorias. Quanto aos padrões de viagens realizadas, conforme o modo mais utilizado, ficou evidente que a maior parte dos usuários se deslocam para a universidade por ônibus, destacando a necessidade deste sistema. Apesar da vasta ocorrência de valores baixos expressos da acessibilidade de muitos dos setores censitários da cidade, este modo se mostra relevante para os estudantes.

Em relação à cobertura de acesso ao TPC para o PGV essas se comprovaram bem extensas, porém há exigências de melhorias (aumento dos itinerários e ônibus) para a sua promoção. Os métodos para quantificar a acessibilidade ao TPC por ônibus se diferem conforme características específicas, e os escolhidos neste estudo foram o de Hansen (1959) e o adaptado de Rosado e Ulissea (1999). A aplicação evidenciou variações nos índices conforme as características de cada setor censitário em análise. Este estudo pode auxiliar na elaboração de políticas públicas em prol da acessibilidade ao TPC por ônibus, contribuindo na distribuição do acesso, compreendendo as reais necessidades locais.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se que sejam realizadas pesquisas com dados atualizados do Censo 2022, que ainda não estavam disponíveis quando este trabalho foi realizado, bem como análise da acessibilidade, considerando-se outras dimensões da acessibilidade, assim como proposto por Geus e van Wee (2004). Além disso, as pesquisas em outros *campi* universitários devem considerar as características de cada local, bem como os dados disponíveis de acordo com os diferentes contextos regionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agranonik, M.; e V. N. Hirakata (2011) Cálculo de tamanho de amostra: Proporções. *Revista HCPA*, v. 31, n. 3, p.382-388.
- Brasil (2012). Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. *Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana*. Diário Oficial da União. Brasília, DF.
- Bracarense, L. D. S. F. P., e J. O. N. Ferreira (2018) Índice de acessibilidade para comparação dos modos de transporte privado e coletivo. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, n. 10, p. 600-613.
- Davidson, K. B. (1995) Accessibility and isolation in transport network evaluation. In: Proceedings of the VII World Conference on Transport Research. The University of New South Wales, Sydney. p. 8-10.
- Dodgson, J. S. (1974) Motorway investment, industrial transport costs, and sub-regional growth: a case study of the M62. *Regional Studies*, n. 8, p. 75-91.
- Falavigna, C.; Rodrigues, T. G. e D. Hernández (2017). Mobilidade inclusiva. In: Portugal, L. S. (Org.). *Transportes, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano*. GENLTC, Rio de Janeiro.
- Ferraz, A. C.; e I. G. E. Torres (2004) *Transporte público urbano*. RiMa, São Carlos/SP.
- Garcia, P. B. M. (2012) *Acessibilidade a hospitais*. 140 f. Dissertação. Mestrado em Engenharia Urbana. UFSCar, São Carlos/SP.
- Geurs, K. T. e B. van Wee (2004) Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12, p.127-140.

- Hansen, W. G. (1959) How accessibility shapes land use. *Journal of American Institute of Planners*, v.25, n. 2, p.73-76.
- IBGE (2010) *Malha territorial digital de setores censitários*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.
- Kneib, E. C.; e L. S. Portugal (2017) Caracterização da acessibilidade e suas relações com a mobilidade e o desenvolvimento. In: Portugal, L. S. (Org.). *Transporte, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano*. GENLTC, Rio de Janeiro.
- Moher, D.; Shamseer, L.; Clarke, M.; Ghersi, D.; Liberati, A.; Petticrew, M.; Shekelle, P. e L. A. Stewart (2015) Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, v. 4, n. 1.
- Rede PGV (2005) Processo de Licenciamento de Polos Geradores de Viagens (PGVs) e sua Sistemática de Aprovação. Seminário realizado pela Rede PGV em Recife durante o XIX Congresso da ANPET.
- Pedro, L. M.; Silva, M. A. V.; e L. S. Portugal (2017) Desenvolvimento e mobilidade sustentáveis. In: Portugal, L. da S. (Org.) *Transportes, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano*. GENLTC, Rio de Janeiro.
- Portugal, L. S.; e L. G. Goldner (2003) *Estudos de Polos Geradores de Tráfego e seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes*. Edgard Blucher, São Paulo.
- Portugal, L. S.; e A. J. R. Mello (2017) Um panorama inicial sobre transporte, mobilidade, acessibilidade e desenvolvimento urbano. In: Portugal, L. da S. (Org.) *Transportes, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano* (p. 1-18). Rio de Janeiro: GENLTC. cap. 1.
- Prefeitura Municipal de Itabira (2016) *Plano Diretor Participativo do Município de Itabira: Lei Complementar Nº 4.938 de 28 de dezembro de 2016*.
- Raia Jr., A. A. (2000) *Acessibilidade e Mobilidade na Estimativa de um Índice de Potencial de Viagens utilizando Redes Neurais Artificiais e Sistemas de Informações Geográficas*. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Rosado, M. C.; e N. I. Ulissea (1999) Determinação de índices de acessibilidade a serviços de educação utilizando Sistema de Informação Geográfica. *Anais do XII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, São Carlos, v. 13, p. 29-39.
- Yin, R. K. (2015) *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5 ed. Bookman, Porto Alegre.

---

Francielly de Abreu Pessoa<sup>1</sup> (abreupfsssoa@gmail.com)

Patrícia Baldini de Medeiros Garcia<sup>1</sup> (patricia.garcia@unifei.edu.br)

Janaina Antonino Pinto<sup>2</sup> (janainaantonino@unicamp.br)

Helena Mendonça Faria<sup>1</sup> (helenafaria@unifei.edu.br)

<sup>1</sup> Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Rua Irmã Ivone Drumond, 200 – Distrito Industrial II – Itabira, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Rua Saturnino de Brito, 224 - Cidade Universitária Zeferino Vaz – Campinas, São Paulo, Brasil.