



II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana

ABORDAGEM SISTÊMICA, ESCALAS E INTERSETORIALIDADE:
DESAFIOS E POTENCIAIS DO DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL

Avaliação dos impactos ambientais relacionados à mobilidade urbana: estudo de caso considerando dois bairros da cidade de Porto Alegre¹

Environmental impacts evaluation related to urban mobility: a case study considering two districts in the city of Porto Alegre

Leichter, Michelle¹; Hackenhaar, Isadora²; Passuello, Ana³

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190, Brasil, leichterzanettini.m@gmail.com¹

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ichackenhaar@gmail.com

³ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ana.passuello@ufrgs.br

RESUMO

Um corpo considerável de literatura demonstra que tomadores de decisão estão abordando cada vez mais questões relacionadas à mobilidade urbana, especialmente aquelas que focam no transporte público como intermediário na redução dos impactos ambientais. No entanto, a infraestrutura e o impacto do ciclo de vida dos veículos, bem como as distâncias entre áreas comerciais e residenciais e seus impactos são raramente analisados em conjunto. Esta pesquisa busca integrar estes elementos numa avaliação do ciclo de vida (ACV), a fim de orientar o planejamento para o desenvolvimento sustentável e corroborar com avanços relacionados a essa lacuna, associando uma análise técnica ambiental ao viés social condicionado pela distribuição urbana. A análise inclui o ciclo de vida do veículo e da infraestrutura, do berço ao túmulo, desconsiderando o fim de vida. A ACV é aplicada considerando bairros localizados na periferia da cidade com perfis distintos. Subsequentemente, dois cenários de transporte para o centro da cidade por meio da rota mais rápida são avaliados: viagem de veículo particular e transporte coletivo. Os resultados demonstram que a fase de uso do veículo é responsável pelos maiores impactos. Desta forma, é aparente a possibilidade de minimização dos impactos ambientais a partir de melhorias no transporte público.

Palavras-chave: planejamento urbano, mobilidade, avaliação do ciclo de vida (ACV).

ABSTRACT

A considerable body of literature demonstrates that decision makers are targeting mobility issues and especially those considering public transportation as a means to reduce urban

¹¹ LEICHTER, Michelle; HACKENHAAR, Isadora; PASSUELLO, Ana. Avaliação dos Impactos ambientais relacionados à Mobilidade Urbana: Estudo de caso considerando dois Bairros da Cidade de Porto Alegre. In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2019, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019.

environmental impacts. However, infrastructure and vehicle life-cycle are seldom jointly analyzed along with the distance between residential and commercial areas and its environmental impacts. This paper seeks to integrate such mobility issues into a Life Cycle Assessment (LCA) in order to guide planning for sustainable development by associating a technical analysis with social issues. The analysis includes vehicle and infrastructure life cycle, from cradle to grave, disregarding its end-of-life. Considering these factors, an LCA is applied taking into account two neighborhoods with different socioeconomic profiles located in the outskirts of Porto Alegre. Subsequently, two transportation scenarios to the city center through the fastest route are evaluated; private vehicle and collective transportation. Results show that the vehicle operation phase is responsible for the majority of impacts. Therefore, it is apparent the possibility of minimizing environmental impacts from improvements in public transportation.

Keywords: urban planning, mobility, life cycle assessment (LCA).

1 INTRODUÇÃO

Mobilidade urbana se refere à facilidade de deslocamento de pessoas e bens em um determinado território em função das complexas atividades nele desenvolvidas, dependentes primordialmente da infraestrutura oferecida pela cidade para facilitar esse trânsito (ARAÚJO et al., 2001). Essa multiforme temática vem sendo amplamente discutida globalmente, mas é fundamental salientar que deve ser atribuída atenção especial a esse tópico ao considerarmos a historicidade das metrópoles latino-americanas. Tais cidades são caracterizadas por significativas desigualdades, dentre elas as condições de deslocamento das diversas categorias de população, associadas a um modelo dominante centro-periferia, no qual as principais atividades e os equipamentos urbanos são concentrados nas áreas centrais, levando ao deslocamento de um elevado contingente de moradores das áreas periféricas (CERQUEIRA, 2018).

Nesse sentido, o acesso universal a serviços de transporte desponta como meio imprescindível para inserção do cidadão na sociedade. O Brasil, nesse contexto, entra em foco por ser um país com predominância no modal rodoviário. Essa característica é notória devido à contribuição desta tipologia de deslocamento na exclusão de camadas sociais, em especial ao compararmos os diferentes níveis de acessibilidade alcançados com o uso de transporte público ou veículo privado, fator esse com relação direta aos estratos de renda. Além disso, a influência dessa categoria de deslocamento em impactos ambientais é notável: de acordo com um estudo publicado no Observatório do Clima "Cerca de 189 milhões de toneladas de poluentes deixaram o transporte rodoviário no Brasil em 2016 - o equivalente a 92% de todas as emissões produzidas pelo transporte no setor", que também inclui os modais ferroviário, hidroviário e aéreo.

Nesse cenário, visando o desenvolvimento mais sustentável da cidade, os tomadores de decisão devem ser apoiados com informações quantitativas confiáveis sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos, e as ferramentas do Pensamento do Ciclo de Vida podem fornecer resultados adequados (LOISEAU et al., 2013).

Tendo como base esses fatores, buscando uma análise abrangendo os três pilares da sustentabilidade (social, econômico e ambiental), o foco desta investigação é a metrópole do Porto Alegre, Brasil, que atualmente está revisando seu plano de mobilidade, além de ter desde 2015 uma Zona de Inovação Sustentável (ZISPOA) que visa tornar-se a região mais sustentável e inovadora da América Latina até 2020.

2 ESTUDO DE CASO

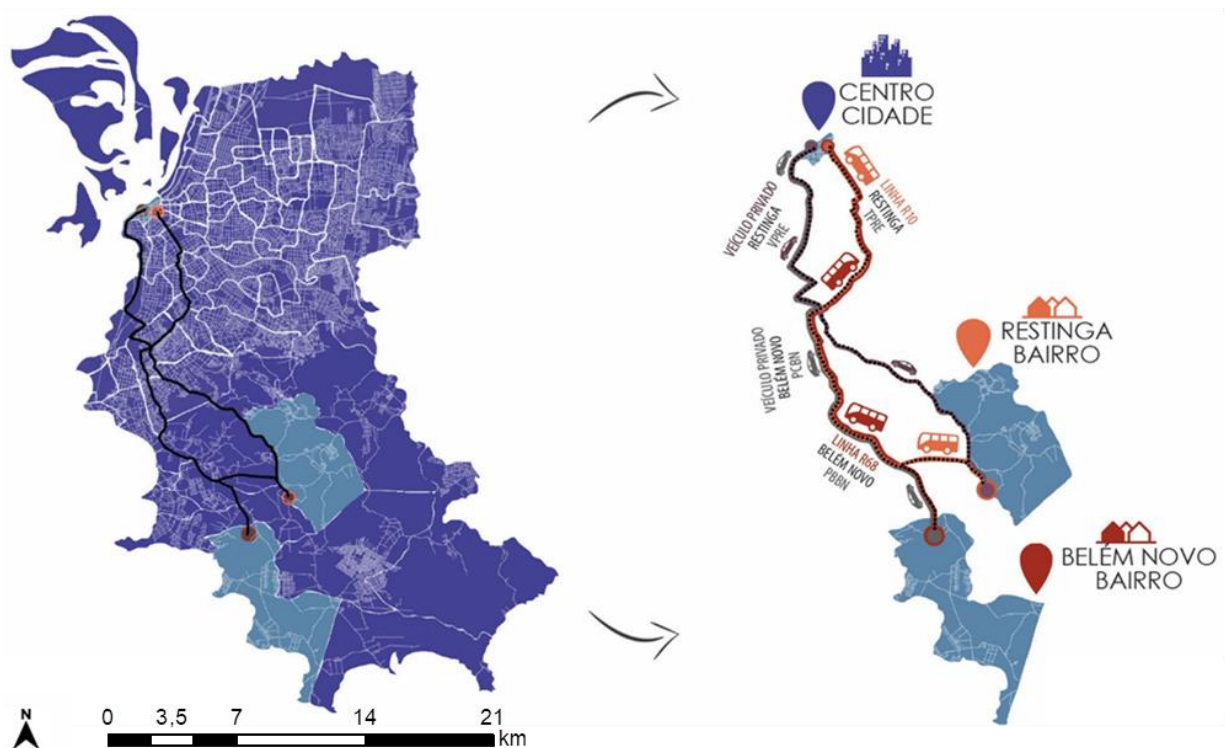
A cidade de Porto Alegre, como inúmeras cidades brasileiras, apresenta uma natureza heterogênea, dada em si pela já inerente complexidade da metrópole contemporânea, sendo fator merecedor de consideração a segregação socioespacial. No entanto há atualmente o advento de um sub-conceito à chamada auto segregação: a adoção de uma estratégia territorial como forma de auto isolar-se, nome relacionado à forma de segregação

relacionada a condomínios fechados, mais comuns entre classes médias e altas (IZHAK E YOAV, 1999).

Tendo em mente tais condições e a intrínseca relação entre segregação e mobilidade urbana, foram definidos dois bairros da cidade com contextos socioeconômicos distintos, mas com disposições espaciais similares como objetos da análise. Ambas as zonas estão localizadas na periferia da capital gaúcha, com um tempo de viagem considerável ao centro comercial da cidade. O bairro Restinga, uma das regiões mais populosas de Porto Alegre é constituído por população majoritariamente de baixa renda com alocações de inúmeras unidades de habitação social dentro de seus limites. O tempo de viagem do centro à região varia, de acordo com Fogliatto (2018): o bairro fica a cerca de uma hora do centro da capital quando deslocando-se de carro; de ônibus, pode-se demorar, até mesmo o dobro de tempo. Em contrapartida, o bairro Belém Novo apresenta maior variedade quanto ao rendimento salarial de sua população, inclusive pela presença de um dos maiores condomínios horizontais de alta renda da capital dentro de suas fronteiras, já o deslocamento até o centro apresenta variações similares de tempo.

A ACV é desenvolvida considerando ambos os bairros da zona sul da cidade. A partir da escolha dos mesmos, são avaliados dois cenários tendo em vista o deslocamento destas áreas para o centro de Porto Alegre através de sua rota mais rápida (geralmente preferida) em dois modos de locomoção: veículo privado (carro) e veículo coletivo (ônibus). Os cenários considerados e os mapas de Porto Alegre são ilustrados na Figura 1.

Figura 1 – Mapa Ilustrativo trajetos



Fonte: As autoras (2018)

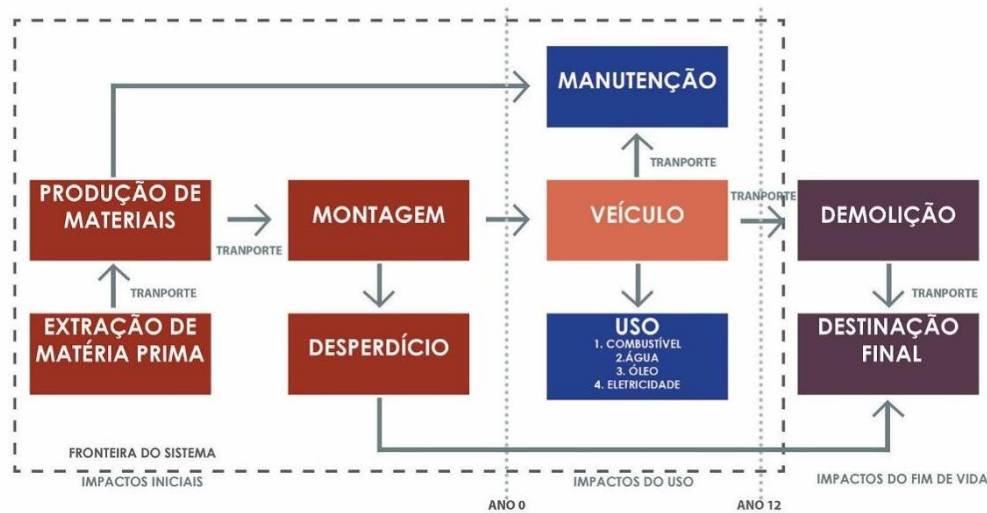
3 METODOLOGIA

Uma ACV ambiental é desenvolvida para as linhas R68 (Belém Novo), R10(Restinga) e uma viagem de automóvel concorrente, segundo dados fornecidos pela empresa municipal de transporte (EPTC, 2018). A ACV é estruturada com informações considerando a vida útil e os impactos do ciclo de vida de cada um dos componentes do sistema, produzindo, assim, uma compreensão mais rica de como decisões que visam implementar mudanças na redução das emissões de GEE podem trazer benefícios. A ACV inclui, então, o ciclo de vida dos veículos

(fabricação e manutenção), da infraestrutura (operação) e componentes de produção de energia (combustível), além de efeitos da propulsão dos veículos (CHESTER E HORVATH, 2009).

O sistema é modelado incluindo todas as fases relevantes à compreensão da mobilidade na cidade de Porto Alegre (Figura 2). GEEs são reportados como equivalentes de CO₂ (CO₂-e) para um horizonte de 100 anos, multiplicadores forçantes radiativos de 25 para CH₄ e 298 para N₂O (GOEDKOOOP et al., 2009).

Figura 2 – Sistema de Produto



Fonte: As autoras (2018)

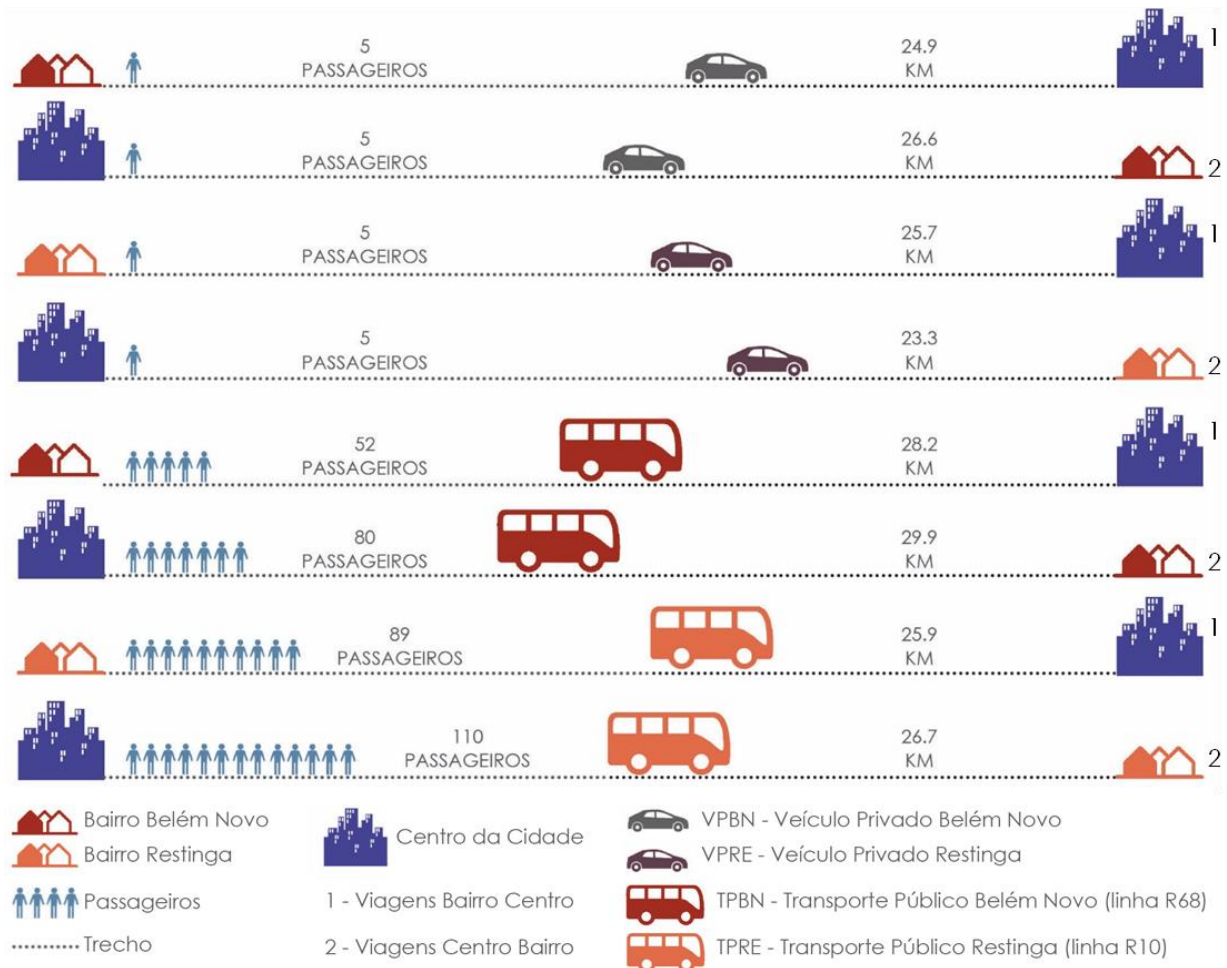
Para realização desta análise foram seguidas as orientações da NBR ISO 14040/2009 (ABNT, 2009a) e NBR ISO 14044/2009 (ABNT, 2009b). As fases da ACV são apresentadas nos itens a seguir:

3.1 Objetivo e escopo

O objetivo deste estudo é avaliar os impactos de deslocamento entre o centro comercial e dois bairros residenciais periféricos de Porto Alegre, comparando cenários de transporte público e veículo privado. Tal escolha se deu considerando a necessidade básica diária do cidadão de deslocar-se, tendo em vista a localização de sua atividade de trabalho.

Outro aspecto fundamental a ser definido nessa fase é a unidade funcional. Considerando o foco do estudo em transporte e os dados de passageiros fornecidos pela EPTC (Empresa Pública de Transporte e Circulação de Porto Alegre), a unidade funcional foi definida como pessoa.kilômetro (p.km), tendo como objetivo uma comparação da variação máxima no número de passageiros de um veículo privado e a variação do número de passageiros pagantes nas frotas de ônibus. É possível perceber a variação do número de passageiros e quilômetros percorridos pelos veículos a partir dos diferentes cenários demonstrados na Figura 3.

Figura 3 – Diagramas de Cenários



Fonte: As autoras (2018)

3.2 Análise do Inventário

Para elaboração do inventário foi utilizada a base de dados Ecoinvent versão 3.4 presente no software SimaPro®. Os dados de combustíveis utilizados foram adaptados para a realidade brasileira a partir de dados da literatura, em especial considerando informações obtidas pelo Centro de Política e Economia do Setor Público (CEPESP, 2018). Os dados de manutenção, vida útil dos veículos e rendimento quilômetro/litro foram adaptados com informações coletadas em visita à sede da EPTC em 2018. No entanto, ainda existem lacunas no estudo em relação à obtenção de dados de background de origem nacional, sendo pesquisas com essa temática no Brasil ainda esparsa.

3.3 Avaliação de impactos

O cálculo da avaliação de impactos foi realizado até a etapa de caracterização. Na avaliação foi utilizado o software SimaPro®, onde optou-se pelo método RECIPE com abordagem orientada ao problema (*midpoint*) em estrutura hierárquica (H). A estrutura hierárquica baseia-se nos princípios políticos mais comuns no que se refere a prazos e outras questões (GOEDKOOOP et al., 2009).

O método considera dezoito categorias de impacto, entre elas foram selecionadas através de revisão bibliográfica na temática de mobilidade, quatro categorias pertinentes ao estudo: Formação de Partículas (FPM), Formação de Ozônio – Saúde Humana (OF, HH), Depleção do ozônio estratosférico (ODP) e Potencial de aquecimento global (GWP).

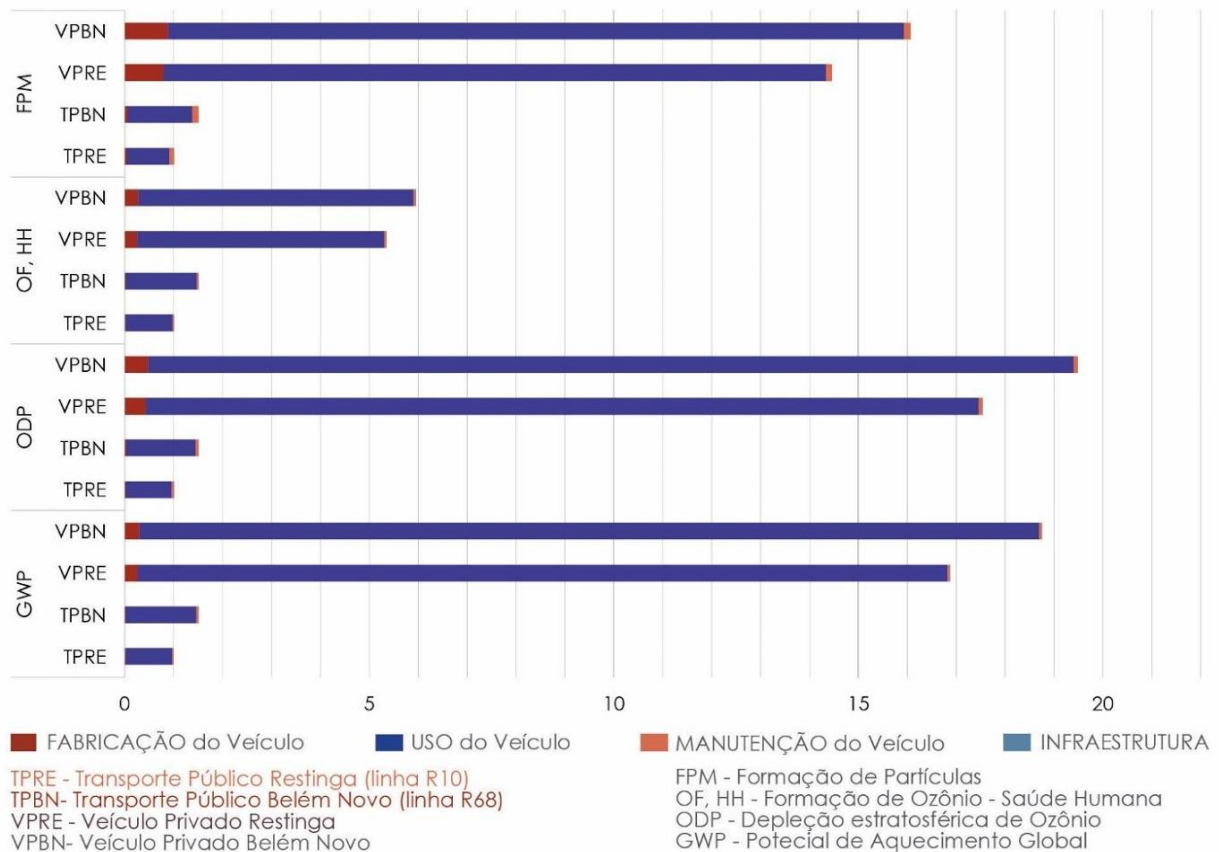
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No gráfico da Figura 4 é apresentada a diferença percentual entre viagens de ônibus e veículo em relação ao ônibus originário do bairro Restinga (TPRE). Observa-se o menor impacto do transporte público, em comparação ao automóvel privado, divergência essa existente em especial pela variação do número de passageiros. Além disso, percebe-se um impacto superior das viagens originárias ou com destino ao bairro Belém Novo, resultado esse por menor número de indivíduos nesse percurso e valor levemente superior de quilômetros em relação ao bairro Restinga.

Outro fator que pode ser notado é o maior impacto da fase de uso, em comparação as demais fases do ciclo de vida. Estas observações condizem com apontamentos de Vedrenne (2014), que ressalta a fase de uso do veículo como parte dominante do ciclo de vida de cada impacto e sua alta participação relacionada ao consumo de combustível pelos veículos, que emitem CO₂ como principal composto de escape.

Tal realidade indica que a mudança de combustíveis fósseis para recursos comprovadamente mais sustentáveis beneficiaria significativamente a cadeia. Da mesma forma, as características urbanísticas que estão ligadas ao potencial de redução de impactos são aquelas de planejamento de distribuição de atividades e residenciais no território, que poderiam significar uma redução importante nas distâncias totais percorridas diariamente. Além disso, características importantes como conforto, tempo, lotação, pontualidade e segurança, entre outras características do transporte coletivo na capital levantadas pela ILADES (2014), são variáveis intangíveis que colaboram com os impactos ambientais, uma vez que conduzem à redução do número de usuários desse tipo de transporte.

Figura 4 – Gráfico - ACV considerando viagens diárias de ida e volta nos horários de pico referentes a um dia de trabalho.



Fonte: As autoras (2018)

5 CONCLUSÕES

O presente estudo avaliou os potenciais impactos gerados ao meio ambiente durante o deslocamento diário do centro da cidade de Porto Alegre à sua periferia. A metodologia utilizada foi a ACV, considerando quatro categorias de impacto.

Os resultados demonstram que, conforme esperado, à medida que as distâncias percorridas aumentam e o número de passageiros diminui, há um aumento dos impactos ambientais derivados do transporte de passageiros. Observou-se, também, que a fase de uso se sobressai às demais.

O estudo também confirma uma correlação do aumento de impactos ambientais, quando os deslocamentos estão relacionados a zonas segregadas e periféricas de uma cidade. Isso ocorre já que zonas com tais características, muitas vezes, não possuem infraestrutura para suprir as necessidades de seus habitantes que, por exemplo, necessitam se deslocar grandes distâncias para trabalhar.

Avaliar cenários de deslocamento e contabilizar os impactos ambientais dos mesmos apenas contribui para o esclarecimento e compreensão de problemáticas, demonstrando que a mitigação de impactos ambientais no ambiente urbano passa por uma revisão de distribuição de atividades nas cidades. Nesse sentido a aplicação da ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) na escala urbana, em especial se relacionada à mobilidade, permitirá um maior conhecimento dos impactos, e indicará o caminho para um possível esclarecimento dos tomadores de decisão em relação à questão ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às instituições que os apoiam neste estudo: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, (CNPq) Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPESQ) UFRGS.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. R. M., Oliveira, J. M., Jesus, M. S., Sá, N. R. Santos, P. A. C., & Lima, T. C. (2011). **Transporte público coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida.** *Psicologia & Sociedade*, 23(2), 574-582.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 14.040:** Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Genebra: ISO, 2009a.
- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ISO 14.044:** Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Genebra: ISO, 2009b.
- CEPESP. Centro de Política e Economia do Setor Público. **Dados de Combustão do Diesel e Gasolina**, 2016. Disponível em: <<https://pesquisa-eaesp.fgv.br/relatorios-de-pesquisas/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.
- CERQUEIRA, Eugênia Dória Viana (2018) **As desigualdades de mobilidade nas periferias da Região Metropolitana de Belo Horizonte: um estudo das atividades de comércio, lazer e saúde.** *Cad. Metrop.*, São Paulo, v. 20, n. 41, pp. 35-51, jan/abr 2018.
- CHESTER et al. **Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains.** *Environmental research letters*, 2009.
- EPTC, Empresa Pública de Transporte e Circulação de Porto Alegre. **Dados de Transporte.** Porto Alegre: 2018. Disponível em: <<http://www.eptc.com.br/>>. Acesso em: 01 de setembro de 2018.

FOGLIATTO, Débora. **Restinga além dos estereótipos: a vida em uma das maiores periferias da Capital**. Porto Alegre: 2018. Disponível em: <<https://www.sul21.com.br/cidades/2015/05/restinga-alem-dos-estereotipos-a-vida-em-uma-das-maiores-periferias-da-capital/>>. Acesso em: 05 de abril de 2019.

GOEDKOP et al. **ReCiPe 2008 A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level**. p.17, 2009.

ILADES, Instituto Latino Americano de Desenvolvimento Econômico Sustentável. **Mobilidade urbana e a emissão de gases de efeito estufa** – GEE na região central de Porto Alegre. Pesquisa de Opinião. Porto Alegre, 2014. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/relatoriopesquisadoinvestariodegeedamobilidadedepoa2015.pdf>. Acesso em: Junho de 2019.

IZHAK, Schnell e YOAV, Benjamin. **Socio-espatial lifestyles and segregation**. Cybergeog, n. 94, 1999.

LOISEAU, E. et al. **Territorial Life Cycle Assessment (LCA): What exactly is it about? A proposal towards using a common terminology and a research agenda**. Journal of Cleaner Production, [s. l.], v. 176, p. 474–485, 2018.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Emissões do Brasil sobem 9% em 2016: Dados do SEEG**. São Paulo: 2017. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/emissoes-brasil-sobem-9-em-2016/>>. Acesso em: 09 de fevereiro de 2018.

VEDRENNE et al. **Life cycle assessment as a policy-support tool: The case of taxis in the city of Madrid**. Energy Policy66(2014)185–197, 2014.

ZISPOA. História - **A Evolução da ZISPOA desde Setembro de 2015**. Site ZISPOA. Disponível em: <<http://www.zispoa.info/historia/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.