



GCV-2020 | 21

VII - Congresso Brasileiro sobre **Gestão do Ciclo de Vida**

Anais do VII Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida

Coordenação do Evento

Ana Carolina Badalotti Passuello

Editoração

Vinícius Gonçalves Maciel

Volume I

UFRGS
Gramado
2020

Comissão Organizadora

Presidente da Associação Brasileira de Ciclo de Vida

Gil Anderi da Silva (ABCV)

Coordenação do Evento

Ana Carolina Badalotti Passuello (UFRGS)

Comitê Científico e Técnico

Cássia Maria Lie Ugaya (UTFPR) – Coordenadora Comitê Científico

Yuki Kabe (BRASKEM) – Coordenador Comitê Técnico

Jaylton Bonacina de Araujo (UTFPR) – Apoio Comitê Científico

Aldo Roberto Ometto (USP)

Assed Naked Haddad (UFRJ)

Breno Barros Telles do Carmo (URFN)

Clandio Favarini Ruviano (UFGD)

Diogo Aparecido Lopes Silva (UFSCAR)

Ênio Leandro Machado (UNISC)

Fernanda Belizario Silva (IPT)

Fernando Rodrigues Teixeira Dias (Embrapa)

José Adolfo de Almeida Neto (UESC)

Luciano Rodrigues (UESB)

Luiz Alexandre Kulay (PQI-EPUSP)

Malaquias Zildo Antonio Tsambe (UFRGS)

Marcella Ruschi Mendes Saade (TU Graz)

Maria Cléa Brito de Figueiredo (EMBRAPA)

Marília Folegatti (EMBRAPA)

Renzo Mori Junior (IPT)

Thiago Oliveira Rodrigues (IBICT)

Tiago Braga (IBICT)

Vanessa Gomes Da Silva (UNICAMP)

Yara de Souza Tadano (UTFPR)

Comitê Organizador Local

Ângela Danilevicz (UFRGS)

Cláudia Glitzenhirn (UFRGS)

Janaína Timm (UFRGS)

Juliana Klas (UFRGS)

Matheus Mainardi (UFRGS)

Rafael Zortea (IFSUL)

Vinícius Maciel (UFRGS)

Editoração

Vinícius Gonçalves Maciel (UFRGS)

Catálogo na Publicação (CIP)

C749 Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida (7. : 2021 : Gramado, RS)

Anais do VII Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida : volume 1 [recurso eletrônico] / Organização do evento Ana Carolina Badalotti Passuello; editoração Vinícius Gonçalves Maciel. – Gramado : UFRGS, 2020. 672 f. : il.

Data do evento: 28 de setembro a 01 de outubro de 2021.
Modo de acesso: www.ufrgs.br/qcv2020.

ISBN 978-65-86232-90-5

1. Gestão do ciclo de vida. 2. Economia circular. 3. Bioeconomia. 4. Avaliação do ciclo de vida. 5. Inventário do ciclo de vida. 6. Gestão ambiental. 7. Avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida. I. Passuello, Ana Carolina Badalotti, coord. II. Maciel, Vinícius Gonçalves, edit. III. Título.

CDU 504

Elaborada pela Biblioteca do Campus Litoral Norte da
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Uso de informações georreferenciadas na avaliação de emissões de CO₂ de deslocamento bairro-centro por transporte coletivo urbano

Michelle Leichter ¹

Isadora Hackenhaar ²

Ana Passuello ³

LIFE sustainability 7 - Life cycle and innovation for the built environment

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

Resumo

Os padrões atuais de mobilidade urbana evidenciam substancial motorização individual, em contramão ao transporte coletivo, que possibilita melhor desempenho na mitigação de impactos sociais, econômicos e ambientais. Apesar disso, observam-se poucas ações que priorizem a sustentabilidade relacionada à mobilidade, mesmo estando diretamente associadas aos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 13 (Combate às Alterações Climáticas). Nesse cenário, a combinação da avaliação do ciclo de vida (ACV) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita a integração e visualização mais detalhada do complexo cenário de impactos de deslocamento presentes na escala urbana. Enquanto a ACV possibilita o entendimento quantitativo dos impactos, as ferramentas de SIG facilitam a visualização dos mesmos e a inclusão de variáveis populacionais no escopo da análise. Portanto, o objetivo da presente pesquisa é avaliar o impacto ambiental de deslocamento do bairro Restinga ao centro da cidade de Porto Alegre, diagnosticando diferentes linhas de transporte público e comparando cenários de planejamento. A fim de atingir o objetivo proposto, é desenvolvido um estudo de caso, baseado na metodologia de ACV territorial, relacionando forma urbana e distribuição populacional à quantificação de impactos ambientais. Primeiramente, são realizadas análises de georreferenciamento de dados

populacionais, onde se observa a impossibilidade de tal região suprir suas demandas em seu próprio perímetro, bem como é possível compreender a baixa alocação populacional ao longo das rotas. Na etapa seguinte, é executada a ACV da mobilidade do bairro, considerando linhas de ônibus a ele acessíveis com destino ao centro. Os resultados parciais demonstram que apesar de não haver grandes diferenças na quilometragem percorrida nos trajetos analisados, os valores de impacto devido à demanda de passageiros podem variar entre 9,1 kg CO₂/p.km 22,2 kg CO₂/p.km. Por fim, buscando um entendimento dos impactos das rotas, é feita uma comparação entre um cenário atual e um proposto, a partir de avaliação de trechos com suporte de dados georreferenciados. Percebe-se, a partir dessa análise a relevância do planejamento urbano na diminuição das emissões de transporte uma vez que os resultados indicam uma potencial redução de 11% dos impactos em relação ao cenário atual.

Palavras-chaves: ACV (avaliação do ciclo de vida), SIG (sistemas de informação geográfica), mobilidade urbana.

Introdução

Cidades contemporâneas são definidas tanto pelas suas zonas de trânsito e fluxos, quanto pelas suas áreas fixas (Jensen, 2009). No entanto, são nesses canais de mobilidade onde o ritmo da vida urbana se define, em especial considerando a necessidade de deslocamento do cidadão comum para exercer suas atividades diárias de subsistência. Nas metrópoles brasileiras, essas locomoções regulares se complexificam, em especial ao considerarmos a caracterização majoritariamente rarefeita das metrópoles e a relação intrínseca entre

localização residencial e capacidade de deslocamento.

Além disso, o setor de transporte entra como um dos principais causadores de poluição ambiental. As cidades responsáveis por cerca de 71% a 76% das emissões de CO₂ relacionadas com energia (IPCC, 2018) e a mobilidade urbana, sendo responsável por 40% de todas as emissões de CO₂ do transporte rodoviário, e até 70% de outros poluentes (SiMPLify, 2019).

O transporte é, então, um facilitador essencial no desenvolvimento de aspectos sociais, econômicos e ambientais, entrando como pré-requisito para a consecução de oito dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (SloCaT, 2015). Considerando esse contexto, a avaliação do ciclo de vida (ACV) é cada vez mais utilizada, para a análise dos impactos associados ao sistema de transportes (Chester et al., 2013; Vedrenne et al., 2013). Todavia, é necessário salientar a complexidade inerente à análises realizadas em uma escala urbana.

Nesse sentido, a ACV pode ser aprimorada utilizando informações específicas do local disponível através de dados espaciais e modelos baseados em SIG. No entanto, esse processo de integração tem sido lento (Geyer et al. 2010). Apesar disso, alguns estudos ainda buscam tal correlação. No âmbito do transporte, identifica-se especial atenção dada à produção de biocombustíveis (Gasol et al. 2011; Dresen et al. 2012). São destacáveis, também, os esforços de Louiseau (2018) na busca de um método de

avaliação condizente na interligação de tais métodos.

Tendo como base tais fatores, e buscando uma análise que responda à complexidade das transformações no meio urbano, o objetivo deste artigo é avaliar o impacto ambiental de deslocamento de passageiros de ônibus entre o centro da cidade de Porto Alegre – bairro onde se localiza o maior número de postos de trabalho da cidade (PMPA, 2018)- e o bairro Restinga - segundo bairro mais populoso da cidade com alta concentração de conjuntos habitacionais de baixa renda, considerando informações georreferenciadas.

Método

Avaliação do Ciclo de Vida

Objetivo e escopo

O objetivo desta ACV é avaliar o impacto ambiental de deslocamento entre o centro da cidade de Porto Alegre e o bairro Restinga, comparando diferentes linhas de transporte coletivo de ônibus da capital gaúcha. Além disso, é analisada uma rota em específico a partir de trechos, os quais foram divididos, e subsequentemente examinados, considerando a distribuição populacional agregada a seu entorno imediato. Por fim, é executada uma comparação entre o cenário atual de operação diária dessa linha e um novo cenário embasado na possibilidade de alocação de um terminal intermediário, segundo propostas da municipalidade (PMPA, 2010, 2015).

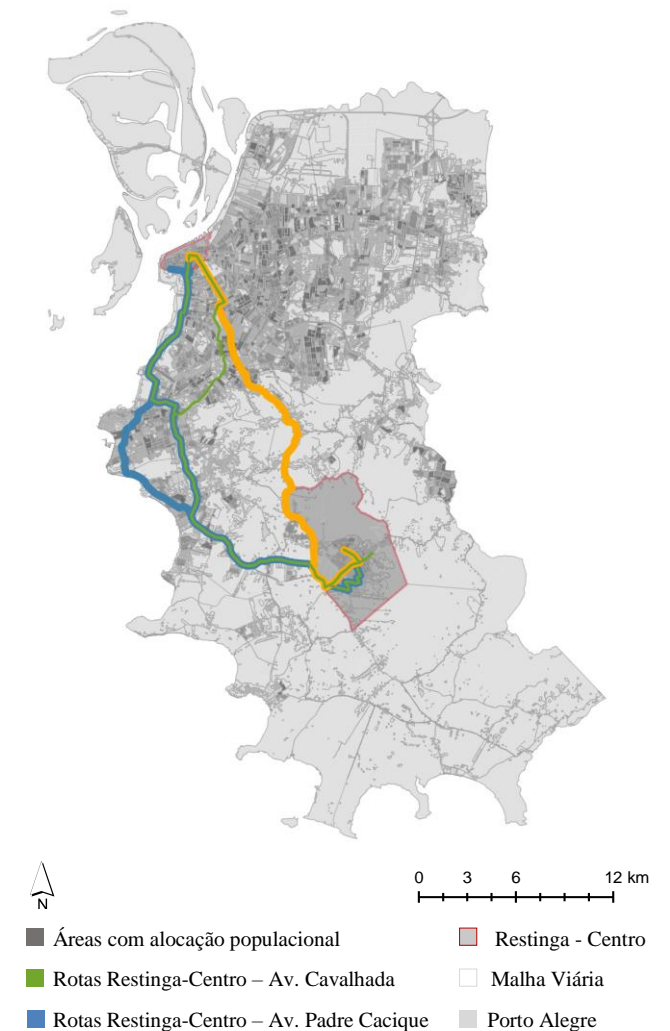
A unidade funcional utilizada nas análises é passageiro-quilômetro (p.km), a qual representa o transporte de um passageiro em um meio de transporte definido ao longo de um quilômetro (EUROSTAT, 2019), conforme descrito na literatura de ACV de mobilidade urbana (Chester et al., 2016; Vedrenne, 2013).

As rotas partindo da Restinga foram analisadas conforme horário de pico. Tal escolha deve-se à padronização no número de passageiros notada em horários específicos (EPTC, 2018) e pela percepção, a partir de análise georreferenciada, de vazios urbanos ao longo do trajeto, além da alocação populacional significativa nas proximidades do início da rota (IBGE, 2010). São 9 linhas saindo diretamente da Restinga até o Centro Histórico de Porto Alegre. As linhas se dividem em três distintas rotas percorrendo 3 avenidas da capital: Av. Prof Oscar Pereira (linha R16); Av. Cavalhada (linhas 209, 210, 211, R10, R4, e R3 antes do bairro Cristal); e Av Padre Cacique (110, 111, R3 a partir do bairro Cristal). É possível visualizar a representação de tais percursos escolhidos na Figura 1.

O escopo para o sistema é delimitado do berço ao túmulo, considerando assim as etapas do ciclo de vida dos veículos (fabricação e manutenção), da infraestrutura (operação) e dos componentes de produção de energia (combustível), além de ser também considerados os efeitos da propulsão dos veículos. Cabe salientar que o fim de vida não foi incluído, assim como em (Chester et al.,

2009; Chester et al., 2013), tendo em vista a falta de dados disponíveis no Brasil.

Figura 1: Mapa rotas de transporte Restinga e distribuição Populacional e malha viária em Porto Alegre.



■ Rotas Restinga-Centro – Av. Oscar Pereira

OBS: Figura produzida com dados provenientes do IBGE (2010); EPTC (2018) e Datapoa (2019).

Inventário de Ciclo de Vida

Os dados primários de consumo, rodagem e número de passageiros do ano de 2018 foram fornecidos pela Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) de Porto Alegre. Da mesma maneira, foi fornecida a base de dados de cadastro da frota, a qual possibilitou, a partir da categorização por prefixo, a identificação de características individuais de cada veículo, como o consumo de combustível em litro/quilômetro (l/km). A organização geral de alguns dos dados obtidos da frota de ônibus é representada abaixo na Tabela 1.

Tabela 1: Dados frota de ônibus.

Linhas de Ônibus (Restinga)	Distância média por trajeto (km)	Passageiros pico por trajeto (n°)	Rendimento Médio (l/km)
110	26,6	112	0,3968
111	26,7	108	0,5177
209	25,8	97	0,7180
210	26,0	72	0,4898
211	26,0	128	0,3968
R10	25,9	133	0,7180
R16	22,2	110	0,6310
R3	24,9	115	0,3968
R4	26,0	59	0,5455

OBS: Figura produzida com dados provenientes da EPTC (2018).

Nota-se que não há diferenças expressivas em quilometragem rodada entre as linhas. Contudo, destaca-se que as linhas R4 e 210 possuem uma média de passageiros por trajeto menor que a média das demais.

Para obtenção dos dados de segundo plano foi utilizada a base de dados Ecoinvent versão 3.4 (Ecoinvent, 2018) e literatura complementar (CETESB, 2017; Zhu, 2009). Os processos de produção e manutenção dos ônibus, bem como infraestrutura, são contabilizados com a utilização de tais dados e alterações pontuais segundo informações disponibilizadas pela EPTC (2018). Foram ainda avaliados os valores de emissões para o processo de uso, ou seja, combustão do óleo diesel (CETESB, 2017). A Tabela 2 apresenta as quantidades consideradas de cada componente do sistema com valores referentes ao gasto por km percorrido.

Tabela 2: Descrição e quantitativos dos materiais relativos ao deslocamento de 1km.

Material	Fonte e descrição dos dados	Quantidade
Ônibus	Bus {GLO} market for	1,0903E-06 p
Diesel	Diesel, low-sulfur {Europe without Switzerland} market for	8,68E-02 kg
Diesel	Diesel, low-sulfur {RoW} market for	3,16E-01 kg
Manutenção	Maintenance, bus {GLO} market for	1,0903E-06 p
Infraestrutura	Road {RoW} market for road	1,21783E-07 ton. veic . km

OBS: Tabela produzida com dados provenientes do Ecoinvent (2018).

Avaliação de Impactos

A compilação do ICV e Avaliação de Impacto Ambiental foram realizadas no software SimaPro®, onde optou-se pelo método RECIPE com abordagem orientada ao problema

(*midpoint*) em estrutura hierárquica (H). Buscou-se utilizar *midpoint* numa tentativa de diminuição da incerteza dos resultados (RIVM, 2011). A seleção segue abordagem em estudos com temática similar (François et al., 2015; Chester et al., 2013). Das dezoito categorias de impacto descritas no método, o Potencial de aquecimento global (GWP) foi selecionado para o estudo, uma vez que a contabilização das emissões de carbono está diretamente ligada aos ODS 11 e 13 (ONU, 2019).

Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Levando em conta o caráter urbano do estudo, com suporte da análise com ferramentas de gestão territorial como sugerida por Loiseau et al. (2018), a ferramenta de sistema de informações geográficas (SIG) é utilizada na caracterização do estudo de caso, na definição de população atendida nos trechos analisados entre cenários e na comunicação dos resultados.

Na presente avaliação, o SIG é usado inicialmente confirmando a escolha da Restinga como foco do estudo e estimando as distâncias das rotas circundantes no bairro (Leichter, 2019). Posteriormente a ferramenta é utilizada para analisar a demanda de transporte a partir de estimativas de número de passageiros junto a trechos das rotas, a partir de um raio de influência de acessibilidade (*buffer*) originário das mesmas. Por fim, a ferramenta é utilizada na localização de um terminal intermediário, replicando projetos da municipalidade (PMPA 2010, 2015) e na simulação de distâncias percorridas. Nessa simulação são considerados

o cenário 1 como sendo o atual, e o cenário 2 como o proposto. Para modelar os cenários, uma geodatabase foi criada em um ambiente de software ArcGIS. Os dados de georreferência utilizados no ensaio são majoritariamente originários de bases abertas, como Datapoa (2019) e IBGE (2010), com algumas exceções fornecidas similarmente pela EPTC (2018).

Resultados e Discussão

Análise Global

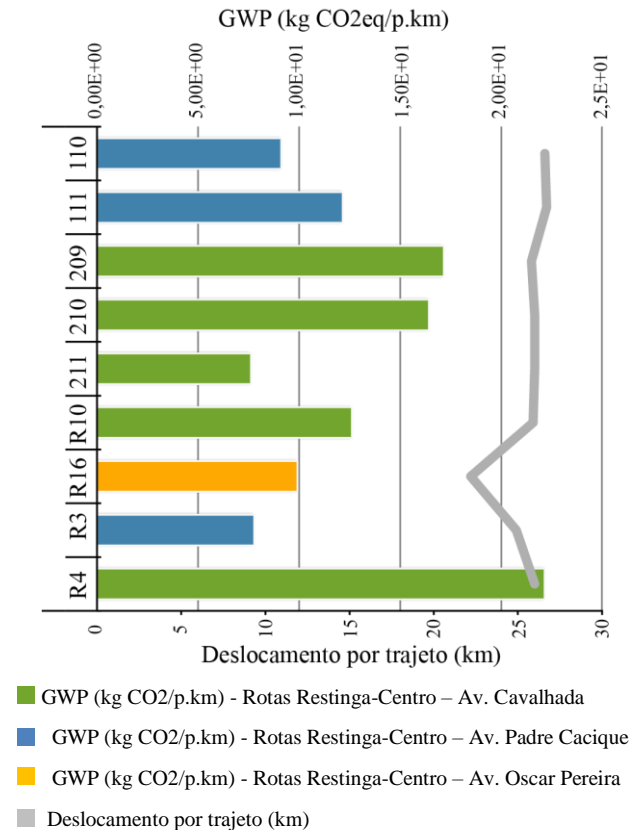
Os resultados demonstram (Figura 2) a correlação entre a as distâncias percorridas e o número de passageiros como variáveis atenuantes de impactos ambientais negativos derivados do transporte de passageiros. Os impactos são representados em sua totalidade e em comparativo a uma das variáveis de maior relevância: os quilômetros rodados.

A linha que apresenta menor impacto por p.km são as linhas R3 e 211. A linha R3, nesse sentido, se destaca por ser a única a percorrer duas das principais avenidas de conexão entre o bairro e o centro e assim possuir grande número de passageiros.

A linha 211 percorre rota idêntica à linha R4 (linha com maior impacto representado), e distingue das demais linhas que passam pela Av. Cavahada apenas pelo ponto de partida dentro do bairro Restinga. Como esperado, as linhas com maior impacto por p.km são aquelas que deixam o bairro em direção ao centro da cidade por regiões menos densas e onde há mais

de uma linha percorrendo a mesma rota. São elas: 209, 210, e R4 – as quais percorrem a Av. Cavahada. As demais linhas que percorrem a Av. Padre Cacique (110 e 111) possuem resultados similares, demonstrando uma distribuição adequada de passageiros no trajeto.

Figura 2: Gráfico – Potencial de aquecimento global (kg CO₂eq/p.km) das linhas de ônibus avaliadas em comparação ao trajeto percorrido, considerando viagens de ida em horário de pico linhas Restinga-Centro.



Ao contrário do que se esperava não se pode notar pelos resultados diferença expressiva de impacto entre rotas que passam por zonas menos populosas em relação as que passam por zonas mais populosas. Contudo, deve-se atentar que os resultados estão intrinsecamente relacionados ao rendimento médio de combustível consumido ao longo das rotas. A análise baseia-se em um dado agregado (EPTC, 2018), que reflete características da frota utilizada nos deslocamentos destas linhas, bem como deve ser influenciado pelo número de paradas ao longo do trajeto – em pontos de ônibus ou semáforos. Uma vez que simular estas características não está no escopo desta pesquisa, uma linha é escolhida para uma análise de trechos conforme densidade demográfica, a fim de aprofundar o estudo da influência de distribuição de demanda por transporte ao longo dos trajetos. Com a mesma finalidade, dois cenários são analisados.

Análise de Trecho

A análise divide as rotas a partir de trechos conforme o número provável de passageiros em cada segmento a partir de dados populacionais georreferenciados. Tal divisão e estimativas são descritas na tabela 3 e embasadas em dados e planos da municipalidade (PMPA, 2010, 2015) e dados populacionais do censo (IBGE, 2010). A linha R10, devido a sua alta demanda e número de viagens, padrão encontrado a partir de dados fornecidos pela EPTC, é definida como objeto de análise.

Em todos os casos, percebe-se que a quantidade de habitantes passa por um aumento com o afastamento da zona sul da cidade e aproximação do centro. Pela falta de dados, o número de passageiros presentes em cada trecho foi estimado a partir do critério de acessibilidade de 2 km. Na Figura 3, destaca-se a mancha populacional com acessibilidade de 2 km até a rota em tons diferentes se destacam as divisões por trechos. Sendo com o ícone localizado o provável terminal intermediário, localizado na Av. Azenha (PMPA, 2010).

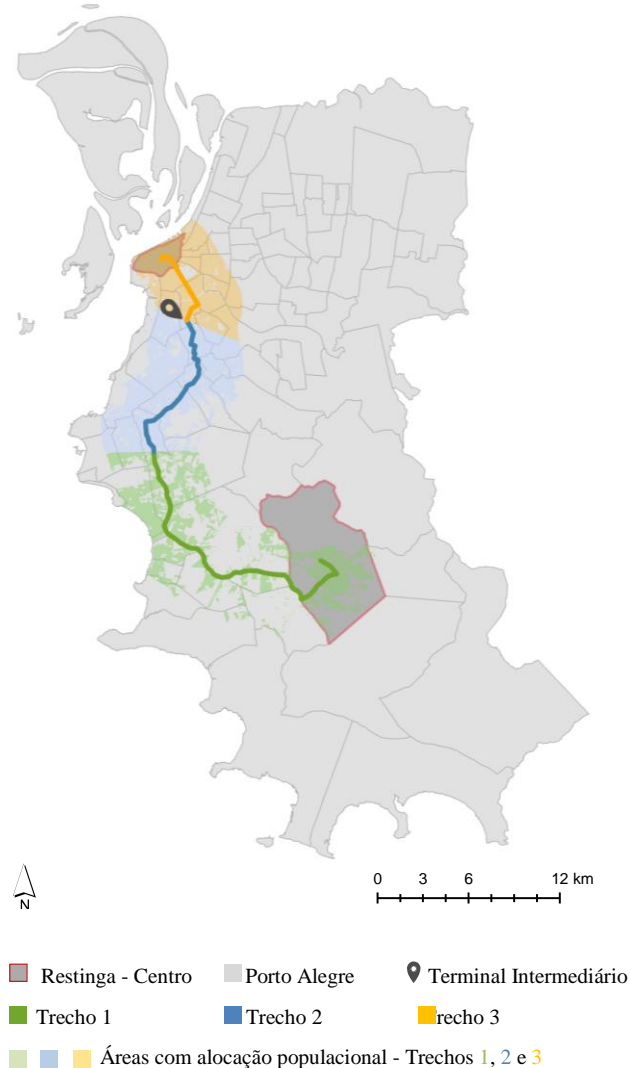
Tabela 3: Comparação cenários.

	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3
Estimativa de habitantes entorno setores censitários (raio 2km)	97704	186133	235541
Passageiros dia R10 (cenário 1)	755	1665	1820
Passageiros dia R10 (cenário 2)	842	1851	2031
Número de viagens dia R10 (cenário 1)	4013	4013	4013
Número de viagens dia R10 (cenário 2)	4013	4013	3463

OBS: Tabela produzida com dados provenientes do IBGE (2010); EPTC (2018) e Datapoa (2019).

Nesse sentido, os resultados demonstram que uma maneira de reduzir os impactos ambientais sem gerar alterações de distribuição de posto de trabalho e domicílio, seria a utilização de linhas troncais, como o representado na Figura 3. A partir da divisão da rota da linha e acúmulo de passageiros para circulação até a zona central, há a ocorrência da redução do número de

Figura 3: Mapa rota linha R10 dividida em trechos no cenário 2 com terminal intermediário.

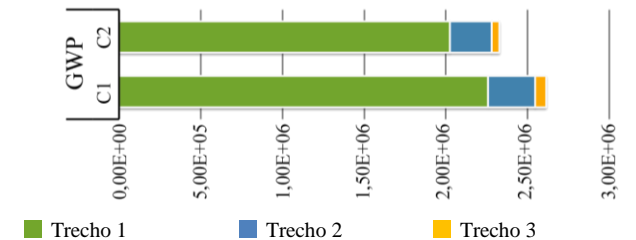


OBS: Figura produzida com dados provenientes do IBGE (2010); EPTC (2018) e Datapoa (2019).

viagens até tal região e o aumento da demanda, reduzindo o impacto em aproximadamente 11% ao longo de toda a rota no cenário 2.

O gráfico da Figura 4 representa tal panorama relacionado à rota da linha R10.

Figura 4: Gráfico – Potencial de aquecimento global (em porcentagem kg/p. km) considerando trechos linha R10.



OBS: Sendo C1 (cenário 1) e C2 (cenário 2).

Conclusões

A partir de coleta de dados foi possível perceber a existência de nove linhas saindo do bairro restinga em direção ao centro. Todas possuem impactos ambientais diferenciados, pois apesar da similaridade na rodagem há significativas divergências no número de passageiros transportados. Percebe-se também que as diferenças de impacto estão correlacionadas à localização das rotas junto as grandes avenidas da capital e a repetição de linhas no mesmo trajeto.

Além disso, percebe-se, a partir de avaliação de trechos a relevância do planejamento urbano estratégico na mitigação das emissões de transporte uma vez que os resultados indicam

que um potencial terminal intermediário para a concentração e distribuição de passageiros deve reduzir os impactos em do cenário atual.

Na execução do estudo foi perceptível a dificuldade em uma ACV no contexto urbano, em especial pela falta de dados quanto ao comportamento dos passageiros no transporte coletivo da cidade. Essa limitação foi indutora do uso de SIG na busca de estimativas para avaliação de cenários embasados no número de habitantes no envoltório das rotas e consequentemente na criação de um trabalho preliminar de caráter exploratório.

Agradecimentos

Os autores agradecem às instituições que apoiam os pesquisadores envolvidos neste estudo: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, 306045/2018-4), Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPESQ) da UFRGS e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências bibliográficas

CETESB. Emissões Veiculares no Estado de São Paulo. (2017). São Paulo: CETESB, 2017.

Chester, M. et. al (2013). Infrastructure and automobile shifts: Positioning transit to reduce life-cycle environmental impacts for urban sustainability goals. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/015041>.

Chester, M. V., & Cano, A. (2016). Time-based life-cycle assessment for environmental policymaking: Greenhouse gas reduction goals and public transit. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.003>.

Datapoa. Base de dados abertos Porto Alegre. Disponível em: <<http://datapoa.com.br/>>. Acesso em: 2019.

Dresen, B., & Jandewerth, M. (2012). Integration of spatial analyses into LCA-calculating GHG emissions with geoinformation systems. <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0378-3>

ECOINVENT. (2018). Ecoinvent database - Version 3.4. October, 2017. <https://www.ecoinvent.org/home.html7>

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: 2018.

François, C. et. al (2017). Environmental assessment of urban mobility: Combining life cycle assessment with land-use and transport interaction modelling. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.014>

Gasol, C. et. al (2011). Environmental assessment: (LCA) and spatial modelling (GIS) of energy crop implementation on local scale. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.03.041>

Geyer, R. et. al (2010). Coupling GIS and LCA for biodiversity assessments of land use. <https://doi.org/10.1007/s11367-010-0199-9>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 2019.

Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC (2014). Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107415416>.

Jensen, O. B. (2009). Flows of meaning, cultures of movements. <https://doi.org/10.1080/17450100802658002>.

Loiseau, E. et. al (2018). Territorial Life Cycle Assessment (LCA): What exactly is it about? . <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.169>.

Leichter, M. (2019). Avaliação do Ciclo de Vida Aplicada a Mobilidade Urbana: Um Estudo de Caso em Porto Alegre, Brasil. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/208714/>>. Acesso em: 2020.

PMPA, Prefeitura Municipal de Porto Alegre. (2010). Projeto Portais da Cidade. Disponível em: <<https://www.mobilize.org.br/mapas/44/projeto-do-sistema-de-brt-de-porto-alegre.html>>. Acesso em: 2020.

PMPA, Prefeitura Municipal de Porto Alegre. (2015). Diretrizes Futuras para o Sistema de Transporte Coletivo por Ônibus . Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smf/usu_doc/anexo_v_di-retrizes_futuras.pdf>. Acesso em: 2020.

PMPA, Prefeitura Municipal de Porto Alegre. (2018). Prognóstico da Mobilidade no Município de Porto Alegre. Porto Alegre.

Sustainable Urban Mobility. SiMplify (2019). Disponível em: <<https://www.wbcsd.org/>>. Acesso em: 2019.

Partnership on Sustainable, Low Carbon Transport. SloCaT (2015). Disponível em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/>>. Acesso em: 2019.

RIVM (2011), Nationale Milieuverkenning 5 2000-2030 [National Environmental Outlook 5]. National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven.

UN. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.

Vedrenne, M., Pérez, J., Lumbreras, J., & Rodríguez, M. E. (2014). Life cycle assessment as a policy-support tool: The case of taxis in the city of Madrid. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.073>

Zhu, Lei et al. (2009). Science of the Total Environment Emissions characteristics of a diesel engine operating on biodiesel and biodiesel blended with ethanol and methanol. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.078>