



O impacto do transporte no ciclo de vida de tubos de PVC e PEX em um país de dimensões continentais

The impact of transport on the life cycle of PVC and PEX pipes in a country of continental dimensions

El impacto del transporte en el ciclo de vida de tuberías de PVC y PEX en un país de dimensiones continentales

GONÇALVES, Rigley César Matias¹

PAULA, Heber Martins de²

¹ Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Catalão, Goiás, Brasil.
rigley.matias@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1229-0194

² Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Catalão, Goiás, Brasil.
heberdepaula@ufcat.edu.br
ORCID: 0000-0002-7066-1408

Recebido em 25/01/2023 Aceito em 05/06/2023



Resumo

O setor de transportes e a construção civil são exemplos de ramos da economia que, ao mesmo tempo em que se expandem, aumentam suas participações nas emissões de CO₂ na atmosfera, contrariando os conceitos de desenvolvimento sustentável. Um artifício que pode contribuir com a melhoria desse panorama é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), metodologia que estuda a conduta ambiental de atividades e/ou produtos. Porém, apesar de ser uma ferramenta eficiente, grande parte das ACVs tem ignorado as influências do transporte, ato que pode resultar em dados equivocados, principalmente, em países com dimensões continentais, como o Brasil. Ainda, é observado certa carência de ACVs para produtos de sistemas prediais. Nesse contexto, objetiva-se detectar qual a participação do transporte na emissão de CO₂ no ciclo de vida de tubulações em PVC e PEX. Para tal foi avaliado o transporte rodoviário entre fábricas brasileiras e cidades estratégicas do país, fazendo o uso de bases de dados e software de modelagem. Verificou-se que para a região norte o transporte de PEX pode ser responsável por até 76% das emissões de gás carbono do ciclo de vida do material, enquanto que na região sudeste o índice não ultrapassou 3% para ambas as tubulações.

Palavras-Chave: Tubo PVC, tubo PEX, avaliação do ciclo de vida, transporte.

Abstract

The transport sector and civil construction are examples of branches of the economy that, while expanding, increase their share of CO₂ emissions into the atmosphere, going against the concepts of sustainable development. An artifact that can contribute to improving this scenario is the Life Cycle Assessment (LCA), a methodology that studies the environmental conduct of activities and/or products. However, despite being an efficient tool, most LCAs have ignored the influences of transport, an act that can result in misleading data, especially in countries with continental dimensions, such as Brazil. A certain lack of LCAs for building systems products is observed. In this context, the objective is to detect the participation of transport in CO₂ emissions in the life cycle of PVC and PEX pipes. Road transport between Brazilian factories and strategic cities in the country was evaluated using databases and modeling software. It was verified that for the north region, the transport of PEX can be responsible for up to 76% of the carbon gas emissions of the material's life cycle, while in the southeast region, the index did not exceed 3% for both pipelines.

Keywords: PVC pipe, PEX pipe, life cycle assessment, transportation.

Resumen

El sector del transporte y la construcción civil son ejemplos de ramas de la economía que, al expandirse, aumentan su participación en las emisiones de CO₂ a la atmósfera, yendo en contra de los conceptos de desarrollo sustentable. Un artefacto que puede contribuir a mejorar este escenario es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), una metodología que estudia el comportamiento ambiental de actividades y/o productos. Sin embargo, a pesar de ser una herramienta eficiente, la mayoría de las LCA han ignorado las influencias del transporte, un acto que puede resultar en datos engañosos, especialmente en países con dimensiones continentales, como Brasil. Aun así, se observa una cierta falta de LCAs para productos de sistemas de construcción. En este contexto, el objetivo es detectar la participación del transporte en las emisiones de CO₂ en el ciclo de vida de las tuberías de PVC y PEX. Para ello, se evaluará el transporte por carretera entre las fábricas brasileñas y las ciudades estratégicas del país, utilizando bases de datos y software de modelado. Se verificó que para la región norte el transporte de PEX puede ser responsable por hasta el 76% de las emisiones de gas carbónico del ciclo de vida del material, mientras que en la región sureste el índice no superó el 3% para ambos ductos.

Palabras clave: Tubería PVC, tubería PEX, análisis de ciclo de vida, transporte.

1. Introdução

O Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2022) apurou que no ano de 2020 o setor de transportes representou 33% do gasto final de energia no Brasil, sendo a movimentação de cargas por rodovias o principal fator que contribuiu com esse consumo. Aliado a esse cenário foi observado que o número de caminhões em atividade manifestou uma evolução de 3,5% ao ano entre 2005 e 2018.

A Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2020) apontou o transporte como o responsável por 22,8% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) no território brasileiro, sendo a categoria rodoviária o tipo de modal que mais libera poluições ao meio ambiente, destacando-se o crescimento de veículos pesados para a movimentação de mercadorias. Ainda, Simão *et al.* (2022) afirmaram que a logística interna de transporte de cargas no Brasil é hegemonicamente realizada por rodovias e que, a carga transportada inclui, frequentemente, materiais para a construção civil.

Por sua vez, a indústria construtiva e sua cadeia de produção são conhecidas (SPELMAN e LEE, 2022) por lançarem grandes quantidades de gases poluentes na atmosfera, o que impacta negativamente, em grande escala, o meio ambiente, fazendo com que seus efeitos, principalmente a emissão de gás carbono (CO₂), sejam alvos de discussões que prezam pela sustentabilidade nesse setor.

Uma estratégia utilizada para analisar o comportamento ambiental de atividades, materiais ou processos na construção civil é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Essa ferramenta surgiu nos Estados Unidos na década de 1970, momento em que a crise do petróleo obrigava empresários a repensarem o uso dos recursos naturais (COLEHO FILHO *et al.*, 2016). De lá para cá, juntamente com o desenvolvimento de novas legislações ambientais, a ACV veio se popularizando e passando por aperfeiçoamentos, o que resultou em uma eficiente estratégia na busca pela melhoria do desempenho produtivo e ambiental de sistemas produtivos.

Todavia, apesar de ser um estudo imprescindível para os avanços do desenvolvimento sustentável, muitas pesquisas de ACV (QUDDUS *et al.*, 2022; MONTEIRO *et al.*, 2021; CABEZA *et al.*, 2014;) costumam desconsiderar o transporte em suas análises, sob a justificativa de que os impactos gerados pela necessidade de mobilidade são desprezíveis quando comparados com os resultados das outras fases do ciclo de vida, tendo em vista as poucas distâncias de deslocamento. No entanto, tratando-se de países com grandes extensões territoriais e dependência de uma única modalidade de movimentação de cargas, como o caso do Brasil, Caldas e Sposto (2017) pontuam que o transporte pode apresentar parcelas relevantes na liberação de gases poluentes dentro dessa metodologia de análise do comportamento ambiental.

Nesse sentido, alguns dos estudos, que não ignoraram as influências do transporte na ACV de materiais de construção civil, encontraram percentuais variados da participação desse fator na liberação de CO₂. A ACV de Quinteiro *et al.* (2022) diagnosticou que o transporte libera até 13% do gás carbono na fabricação de telhas térmicas na cidade de Aveiro, em Portugal; Taborianski e Prado (2012), analisando o comportamento ambiental de fachadas de edifícios de escritórios na cidade de São Paulo, identificaram que até 14,8% do CO₂ de todo o ciclo de vida é oriundo da fase de transporte; em duas avaliações de sistemas de vedação em *steel frame*, ambas no entorno do Distrito Federal (DF), Nabut Neto (2011) e Palácio (2013) encontraram percentuais de 4% e 15% de CO₂, respectivamente, proveniente do transporte de cargas; enquanto Gong *et al.* (2012) constataram que o transporte necessário para a construção de edifícios residenciais na capital da China pode corresponder a 11% da emissão de CO₂ do ciclo de vida de todo o empreendimento.

Embora a ACV seja uma ferramenta consolidada na indústria construtiva, é observado uma carência de estudos voltados para as disciplinas de hidráulica e sistemas prediais, em especial na análise comparativa entre tubulações em policloreto de vinila (PVC) e polietileno reticulado (PEX), dois dos principais tipos de materiais desenvolvidos pela indústria brasileira do plástico (ABIPLAST, 2022) e amplamente empregados na execução de redes de água para consumo humano. Dentre as poucas avaliações identificadas nesse contexto destacam-se as pesquisas de Marson *et al.* (2021), que abordou os impactos ambientais na fabricação de tubos de PVC na Europa, identificando uma emissão de 2,52kg CO₂ eq no processo produtivo dos tubos de água; de Xiong *et al.* (2020), que compararam a conduta ambiental de tubulações em PVC, aço galvanizado e cobre para sistemas de abastecimento e drenagem em edifícios chineses, diagnosticando que as redes executadas em PVC apresentam 86% de redução do consumo de energia, quando comparado com tubos de aço galvanizado, e 91%, em relação às tubulações de cobre; de Parvez (2018), que estudou as emissões liberadas no processo de fabricação de tubos de PVC para sistemas de água e esgoto, detectando que a maior parte dos gases poluentes advindos do ciclo de vida desse material estão vinculados à extração, ao processamento das matérias-primas que compõem a resina de PVC e a fabricação; e de Alsadi *et al.* (2016), que investigaram a pegada ambiental de sistemas em PEX e cobre para edifícios residenciais na América do Norte, indicando que a utilização dos tubos flexíveis pode diminuir quase a metade das emissões de dióxido de carbono liberado quando comparado ao emprego do cobre.

Portanto, o estudo aqui apresentado tem por objetivo identificar qual a participação do transporte na emissão de CO₂ no ciclo de vida das tubulações de PVC e PEX, considerando a utilização exclusiva do modal rodoviário para a distribuição dos tubos em cinco cidades brasileiras, partindo-se da prognose de que em locais de grandes extensões territoriais, desigualdades tecnológicas, industriais e de infraestrutura entre regiões, como o Brasil, o transporte pode corresponder a relevantes índices de poluição no ciclo de vida desses materiais.

2. Metodologia

Esta pesquisa é delimitada ao estudo da influência do transporte no ciclo de vida de tubulações em PVC e PEX para a execução de sistemas prediais de água fria em cinco cidades brasileiras, cada qual em uma região do país. Sobre o ponto de vista metodológico, conforme Silveira e Córdova (2009), em função da abordagem de análise, este estudo é classificado como qualitativo e quantitativo, tendo em vista que o objeto estudado consiste em descrever, qualificar e quantificar o processo de transporte das tubulações e as emissões de CO₂ advindas dessa etapa do ciclo de vida.

Em relação aos objetivos, pode-se classificar esta pesquisa em descritiva aplicada, onde é realizada a análise e interpretação dos fatos sem a interferência do pesquisador, tal qual determinado por Barros e Lehfeld (2007).

Faz parte dos procedimentos metodológicos a definição dos locais de estudos, chamados de cenários, o levantamento das localizações das fábricas de tubos de PVC e PEX e suas respectivas distâncias até os cenários avaliados, a utilização de bases de dados internacionais que representam a realidade ambiental da indústria e comércio da construção civil para a implementação da ACV e a utilização de bibliografias para compreender os processos industriais necessários para a constituição dos tubos.

A avaliação das informações levantadas foi realizada a partir da interpretação crítica dos resultados obtidos, o que envolve o entendimento da causa e efeito da ocorrência de fenômenos, assim como a influência de diversas variáveis sobre a intensidade de ocorrência dos mesmos.

2.1. Determinação dos locais de estudo

Tendo em vista as dimensões continentais do Brasil, a desigualdade de infraestrutura entre uma região e outra e buscando uma melhor amostragem da real situação do país na distribuição de tubulações para o desenvolvimento de sistemas hidráulicos, foram escolhidas diferentes cidades brasileiras, em distintas regiões, conforme mostrado na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1: Cenários de estudo.

Cenário	Cidade	PIB (Per Capta)
I	Parauapebas/PA	110.604,10
II	Catalão/GO	64.326,38
III	Parnaíba/PI	17.163,13
IV	Caxias do Sul/RS	52.873,82
V	Osasco/SP	117.298,82

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 1: Cenários de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

As localidades escolhidas foram cidades que, apesar de não serem capitais, são responsáveis por importante parcela do produto interno bruto (PIB) de seus respectivos estados e, ainda, se apresentam como centros econômicos interiorizados, servindo como pontos de apoio para cidades menores.

Dessa forma, tendo em vista a importância econômica dessas cidades e as particularidades de cada uma em relação ao acesso de insumos para a construção civil, foram avaliadas às distâncias de transporte percorridas para a distribuição de tubulações nessas localidades. Os locais de aplicação das

tubulações serão posicionados, hipoteticamente, na região central das cidades estudadas, tendo em vista uma melhor amostragem da distribuição do material na região.

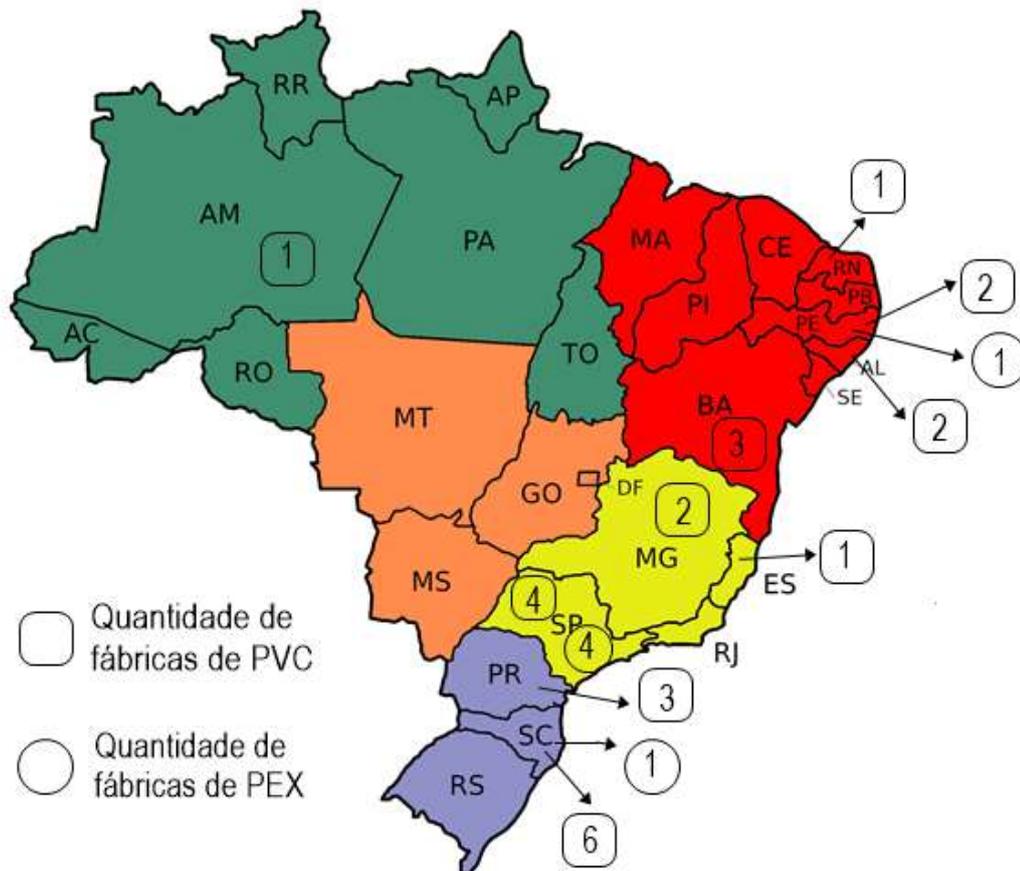
2.2. Levantamento das fábricas de PVC e PEX

O levantamento das fábricas de tubos de PVC deu-se por meio da lista de empresas qualificadas pelo Programa Setorial da Qualidade (PSQ) de Tubos e Conexões de PVC para Sistemas Hidráulicos Prediais, desenvolvido pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) (BRASIL, 2022), que tem por finalidade a comprovação da qualidade de materiais e o cumprimento às normas brasileiras quanto a eficiência e produtividade.

Tendo em vista que ainda não se tem um PSQ para tubulações em PEX, o levantamento das fábricas desse material foi realizado tomando por base as empresas vinculadas à Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST), entidade que representa esse setor perante aos órgãos governamentais.

Na Figura 2 está apresentada a quantidade de fábricas identificadas para cada tipo de tubulação e sua localização no país. É importante considerar que podem existir outras fábricas ou filiais que, por não atenderem os parâmetros de busca adotados na pesquisa, não foram contabilizadas.

Figura 2: Localização das fábricas no país.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em posse da relação dos fabricantes e seus respectivos endereços foi possível verificar a distribuição das fábricas pelo país e as distâncias de transporte das tubulações até os cenários de estudo. Tendo em vista que, quanto maior o percurso maior será as emissões de gases poluentes na atmosfera, as fábricas utilizadas para cada cenário foram determinadas levando em consideração aquela que mais se aproxima da cidade estudada.

O modal rodoviário foi adotado neste estudo, tendo em vista que ele é o mais utilizado no país para o escoamento de mercadorias. Adotou-se a um caminhão de dois eixos transportando uma carga de lotação máxima estimada em 13,5 toneladas, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3: Modelo veículo para o transporte de tubulação.



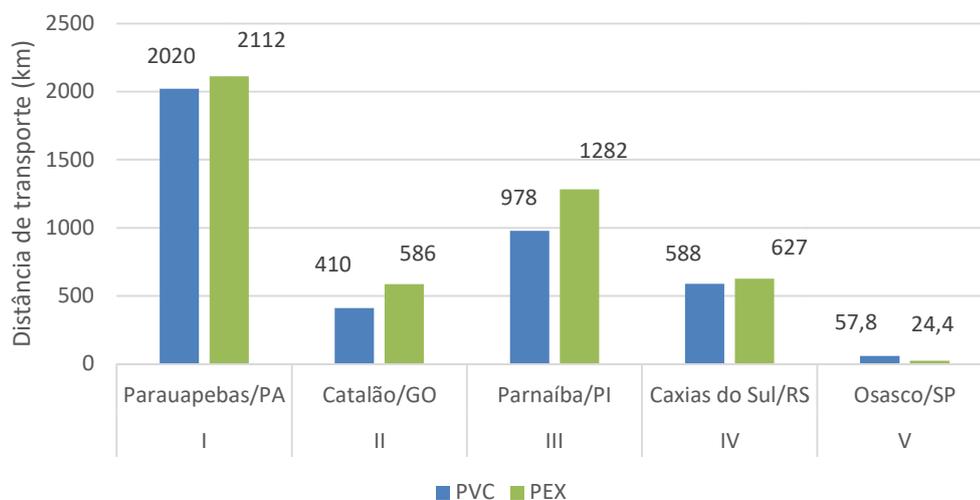
Fonte: Adaptado de DNIT (2012).

As distâncias entre fábrica e o cenário estudado foram determinadas por meio da ferramenta Google Maps, sendo a origem preenchida pelo endereço da fábrica mais próxima e o campo de destino pelo nome da cidade. Na Tabela 2 esta apresentada a fábrica mais próxima de cada cenário avaliado e a quilometragem percorrida para a distribuição dos materiais, enquanto na Figura 4 está mostrada a comparação das distâncias entre os cenários.

Tabela 2: Fábricas mais próximas e distâncias de transporte.

Cenário	Cidade	Fábrica mais próxima	Distância de transporte (km)
PVC			
I	Parauapebas/PA	Escada/PE	2020,00
II	Catalão/GO	Cedral/SP	410,00
III	Parnaíba/PI	Macaíba/RN	978,00
IV	Caxias do Sul/RS	Joinville/SC	588,00
V	Osasco/SP	Cabreúva/SP	57,80
PEX			
I	Parauapebas	Cabo de Santo Agostinho/PE	2112,00
II	Catalão	Sumaré/SP	586,00
III	Parnaíba	Cabo de Santo Agostinho/PE	1282,00
IV	Caxias do Sul	Joinville/SC	627,00
V	Osasco	Vila Maria/SP	24,40

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 4: Gráfico das distâncias de transporte para cada material.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

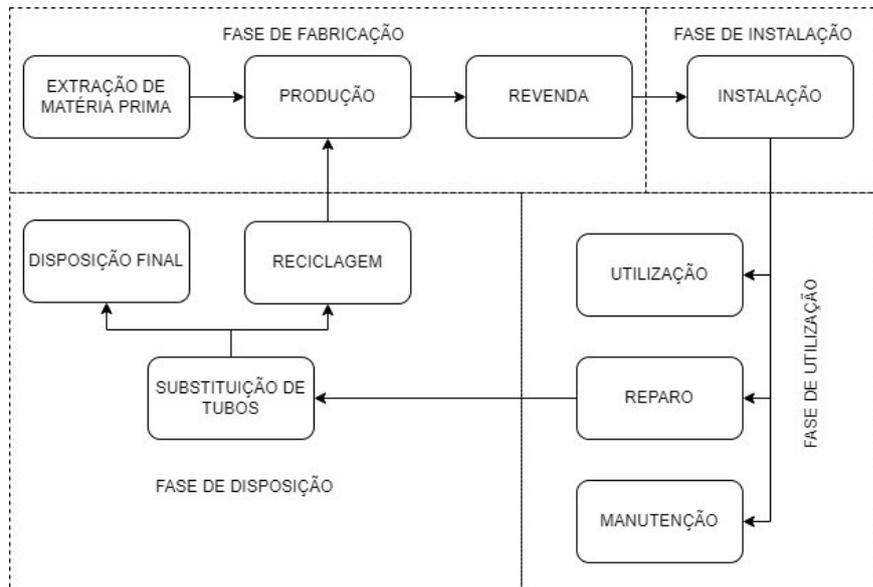
É importante informar que o levantamento das fábricas mais próximas levou-se em consideração apenas a distância de trajeto, ignorando fatores como a capacidade de oferta dos fabricantes, as condições das rodovias ou a existência de pedágios.

2.3. Definição dos parâmetros para a elaboração da ACV

Na busca da identificação do comportamento ambiental dos tubos de PVC e PEX faz-se necessário o conhecimento do sistema de produto, ou seja, precisa-se compreender quais são as etapas que configuram o ciclo de vida dos materiais. Dotado desse conhecimento, foi possível determinar qual a fronteira do sistema, isto é, delimitar, se não todas, quais as etapas do ciclo dos produtos que serão analisadas.

Dessa forma, elaborou-se a Figura 5 onde tem-se um modelo de ciclo de vida predominante para tubulações de água fria, sendo este fluxograma implementado pela junção dos protótipos definidos por Alsadi *et al.* (2020), Vahidl *et al.* (2016) e Marson *et al.* (2021).

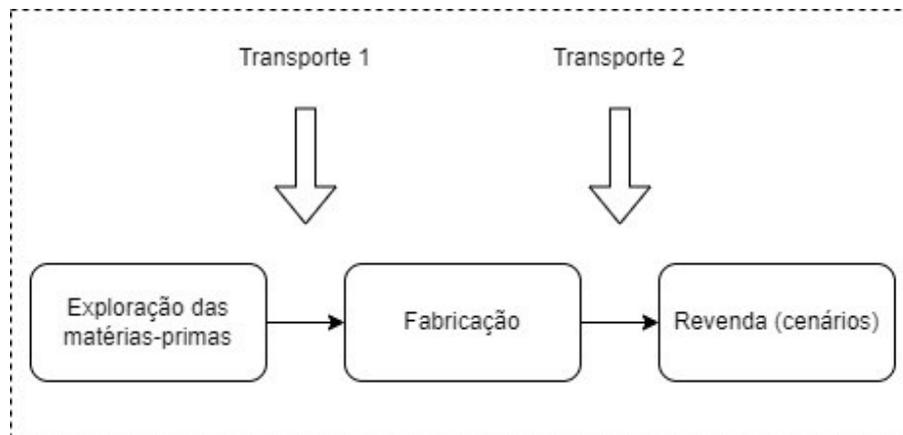
Figura 5: Ciclo de vida de tubulações de água fria.



Fonte: Adaptado de Alsadi et al. (2020), Vahidl et al. (2016) e Marson et al. (2021).

Este estudo teve como fronteira a fase de fabricação das tubulações, tendo em vista que, de acordo com Parvez (2018), é nessa etapa em que se tem as maiores emissões de substâncias tóxicas no ciclo de vida de materiais e, ainda, possui as maiores demandas de transporte, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6: Fronteira da ACV estudada.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O Transporte 1 compreende a distância percorrida entre o local de extração das matérias-primas e a fábrica. Levando em consideração que existem diferentes insumos na composição de uma mesma tubulação e que cada insumo vem de locais diferentes, o Transporte 1 não foi avaliado neste estudo.

Foram escolhidos tubos de PVC e de PEX apresentados na Figura 7 e com as especificações apresentadas na Tabela 3, visto que ambos os materiais possuem a mesma função no desenvolvimento do projeto de água fria.

Figura 7: a) tubo PVC; b) tubo PEX.



Fonte: Tigre (2022) e Amanco (2022b)

Tabela 3: Propriedades das tubulações estudadas.

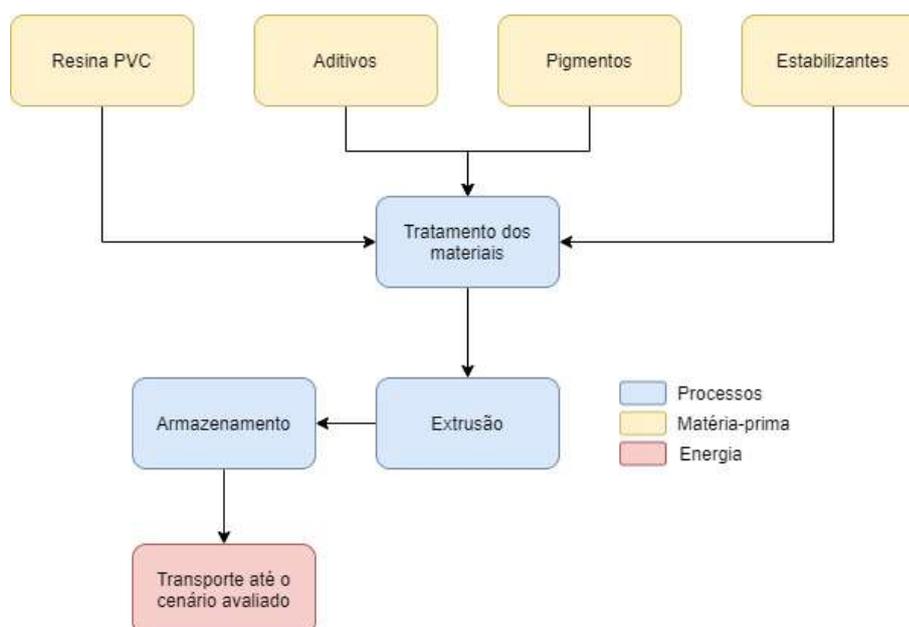
Especificações	PVC	PEX
Diâmetro (mm)	32	32
Massa aproximada (kg/6m)	2,25	1,54
Perdas	3%	0,5%

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

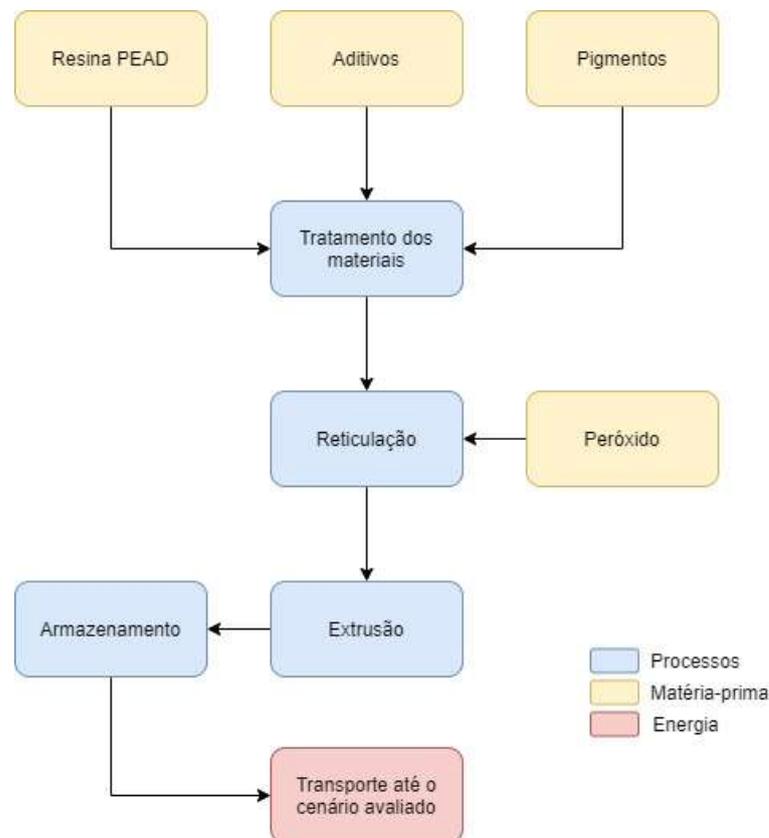
A ACV será modelada na unidade funcional de 6m lineares para ambos os materiais, sendo desconsideradas quaisquer conexões, junções, adesivos de união e anéis de vedação.

A constituição do inventário do ciclo de vida (ICV), no tocante aos procedimentos e transformações industriais, foi o adotado por Rodolfo Júnior *et al.* (2013) e Pennafort Júnior *et al.* (2013). Nas Figuras 8 e 9 estão mostrados os processos de produção do PVC e PEX, respectivamente, utilizados para a elaboração da ACV.

Figura 8: Sistema de produto: tubo PVC.



Fonte: Adaptado de Rodolfo Júnior *et al.* (2013).

Figura 9: Sistema de produto: tubo PEX.

Fonte: Adaptado de Pennafort Júnior *et al.* (2013).

O software OpenLCA foi utilizado para o desenvolvimento da ACV, tendo em vista que possui utilização gratuita, interface intuitiva e disponibilidade de licença estudantil para utilização dos bancos de dados disponíveis. Esse programa de computador possui desenvolvimento funcional, em que o usuário informa quais são as matérias-primas (entradas) que formam a composição do material estudado, as suas respectivas quantidades e os processos sofridos na realização das misturas, com isso tem-se o processamento das informações e apresentação do resultado do ciclo de vida.

As bases de dados adotadas foram Ecoinvent v3.5 e Industry Data v2.0, tal qual os estudos de Marson *et al.* (2021), Xiong *et al.* (2020) e Alsadi *et al.* (2016), pois contemplam uma ampla abrangência de matérias-primas e é perceptível uma rotineira utilização dessas fontes de dados em estudos que envolvem materiais da construção civil.

Para o PVC a entrada de dados no programa foi estipulada pelos estudos do Institut für Kunststoffkunde und Kunststoffprüfung (IKP, 2003), da Alemanha, e o Institutet for Produktudvikling (IPU, 2000), da Dinamarca, sendo utilizada a média entre os valores estipulados por cada instituição na composição dos tubos de PVC e, no caso de não constar a informação em uma das bases, o valor simples, tal qual mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Composição dos tubos de PVC em percentual de massa (kg).

	Material	IPU (2003)	IKP (2000)	Média
	Resina de PVC	92,1	94	93,05
	Sulfato de chumbo tribásico	1,4	-	1,4
	Estearato de chumbo dibásico	0,5	-	0,5
	Estearato de chumbo	0,2	1,1	0,65
Aditivos	Estearato de cálcio	0,4	-	0,4
	Filler	-	3,8	3,8
	Calcário em pó	4,7	0,18	2,44
	Ácido esteárico	0,1	-	0,1
	Cera endurecida sintética	0,1	-	0,1
	Parafina (lubrificante)	-	0,7	0,7
Pigmentos	Negro de fumo	0,5	0,02	0,26
	Óxido de titânio	-	0,2	0,2

Fonte: Adaptado de IKP (2003) e IPU (2000).

Enquanto que para as tubulações PEX tem-se a composição utilizada tal qual definida por Silva (1999) e mostrada na Tabela 5. Os valores estão em percentual de massa (kg). O item “outros produtos químicos inorgânicos”, contemplado no estudo do autor, apresenta incertezas em seus materiais e, por esse motivo, foi desconsiderado na entrada de dados no OpenLCA.

Tabela 5: Composição dos tubos de PVC em percentual de massa (kg).

	Material	SILVA	
	Resina de HDE	88	
	Hidróxido de sódio	0,23	
	Ácido sulfúrico	0,67	
	Filme plástico	0,2	
Aditivos	Alumínio	1,36	
	Acetona	1,38	
	Peróxido	3,64	
	Permanganato de potássio	0,49	
	Óleos lubrificantes	1,3	
	Outros produtos químicos inorgânicos	2,71	
	Pigmentos	Negro de fumo	0,02

Fonte: Adaptado de Silva (1999).

A Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida (AICV) foi elaborada com base no método de análise CML-IA 4.1, aconselhado para pela norma europeia EN 15804 (2012), que trata da sustentabilidade e serviços na construção civil. Ainda, essa versão de análise é uma das que apresentam um maior número de categorias de impactos, além de ser considerada a abordagem que melhor representa a realidade brasileira quando o assunto é avaliação do ciclo de vida (UGAYA, 2019).

A Tabela 6 mostra as categorias de impacto que foram estudadas na ACV, conforme o método de análise adotado.

Tabela 6: Categorias de impactos a ser consideradas na ACV.

Categorias de impacto	Unidade de Medida
Potencial de acidificação	kg SO ₂ -Eq
Mudança Climática - GWP 20a	kg CO ₂ -Eq
Esgotamento de Recursos Abióticos	kg antimony-Eq
Potencial de Eutrofização	kg NOx-Eq
Ecotoxicidade Aquática de Água Doce - FAETP 20a	kg 1,4-DCB-Eq
Ecotoxicidade de Sedimentos de Água Doce - FSETP 20a	kg 1,4-DCB-Eq
Toxicidade Humana - HTP 20a	kg 1,4-DCB-Eq
Radiação ionizante	DALYs
Mau cheiro do ar	m ³ air
Ecotoxicidade Aquática Marinha - MAETP 20a	kg 1,4-DCB-Eq
Ecotoxicidade de Sedimento Marinho - MSETP 20a	kg 1,4-DCB-Eq
Depleção de ozônio estratosférico - ODP 20a	kg CFC-11-Eq
Ecotoxicidade Terrestre - TAETP 20a	kg 1,4-DCB-Eq

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A interpretação dos resultados se deu de forma interativa com as outras três etapas da ACV e teve por meta a busca da identificação de questões significativas que envolvem os impactos diagnosticados, analisando a consistência dos dados obtidos, levantando recomendações de melhorias na cadeia produtiva das tubulações, principalmente a respeito da logística de distribuição, além de detectar as limitações relativas a este estudo, conforme NBR ISO 14044 (ABNT, 2014).

3. Resultados e discussões

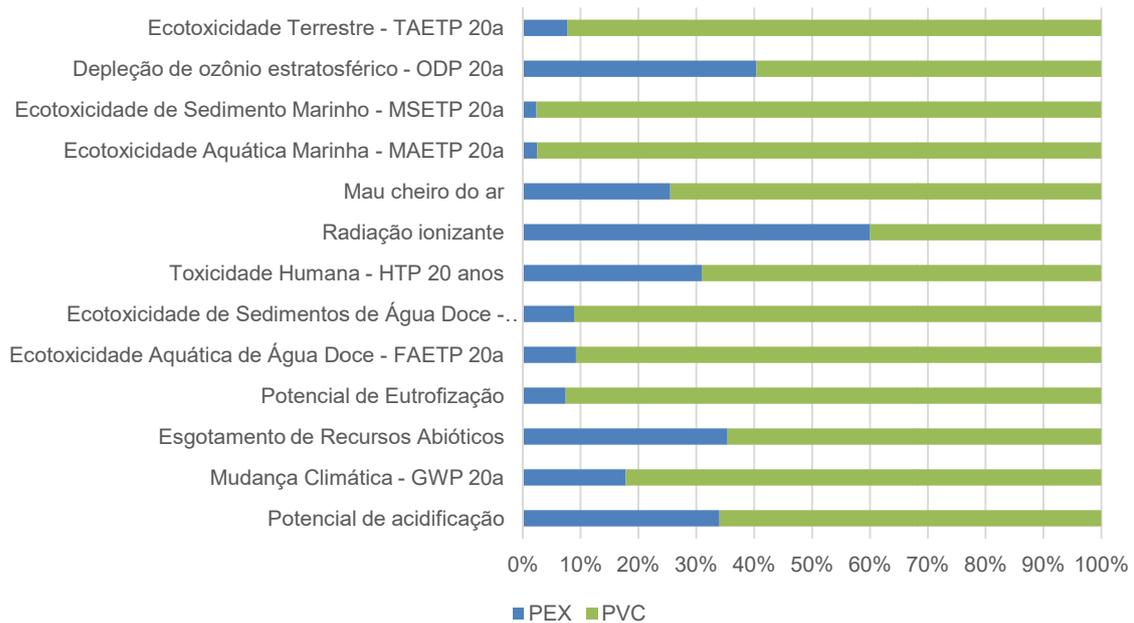
Foram localizadas 25 fábricas de PVC, distribuídas entre 10 estados brasileiros, sendo Santa Catarina o que possui mais empreendimentos voltados para esse mercado. A região sul é a que apresenta mais fábricas desse material, seguida pelo nordeste e sudeste. As fábricas de PEX somam apenas 6, sendo que 4 delas estão localizadas em São Paulo, uma em Santa Catarina e uma em Pernambuco. Não foram identificadas fábricas de nenhum material na região centro-oeste.

Do levantamento dos fabricantes pode-se observar um grande desequilíbrio entre a quantidade de fabricantes de PEX e PVC, sendo este último o de maior número no território brasileiro. Tal realidade pode ser explicada levando em consideração que a demanda por tubulações de PVC nas construções brasileiras é muito superior à de PEX, tendo em vista a pouca disseminação do polietileno na execução de sistemas hidráulicos prediais, o alto custo de execução e a exigência de mão de obra especializada.

Apesar de muitas fábricas de PVC, e mesmo as poucas de PEX, é notável a existência de uma concentração da produção entre as regiões sul, sudeste e nordeste, realidade que gera uma maior mobilização para a distribuição dessas tubulações para o interior do país, corroborando com a ideia de que as regiões brasileiras são desiguais no desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, industrial.

Com relação ao ciclo de vida, inicialmente foi analisado o comportamento ambiental de cada uma das tubulações desprezando as influências da logística, tendo em vista que esse estudo se faz necessário para identificar, posteriormente, com a inserção das distâncias de locomoção, qual o percentual do transporte nas emissões de CO₂. O resultado dessa avaliação pode ser visto na Figura 10.

Figura 10: ACV sem considerar o transporte.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

É importante ressaltar que, de acordo com Zanghelini *et al.* (2017), existem categorias de impactos que são mais significativas que outras. Isto é, certas categorias apontam para problemas considerados mais graves, como, por exemplo, a categoria que avalia a depleção da camada de ozônio é mais relevante para um estudo ambiental do que a que analisa o mau cheiro do ar. Contudo, enxergando que todas as categorias de impacto convergem para problemas que afetam o meio ambiente e comprometem a vida dos seres vivos, o conhecimento do comportamento de cada uma se torna importante para caracterizar a conduta ambiental dos materiais.

O PVC se mostrou como o material mais poluidor, ficando à frente em 12 das 13 categorias de impacto estudadas. Isso mostra que esse tipo de tubulação possui, em seu processo de fabricação, procedimentos que, quando comparados com a produção de PEX, libera na atmosfera uma quantidade maior de substâncias tóxicas. Tal realidade pode ser explicada tendo em vista a maior quantidade de substâncias na composição do PVC, o que exige processos de transformação e misturas com um maior consumo energético, além disso, a extração de suas matérias-primas envolve procedimentos com alto consumo energético.

Xiong *et al.* (2020) comparam a conduta ambiental do PVC com cobre e ferro fundido e obtiveram que os tubos em policloreto de vinila se mostraram mais eficientes, o que leva ao entendimento de que o PEX, além de ser mais sustentável que o PVC, é também menos poluente que os tubos de cobre, fato já identificado por Alsadi *et al.* (2016), e ferro fundido. Para uma constatação mais assertiva a esse respeito deve-se realizar um estudo que envolva todos esses materiais em uma única ACV.

Quando levado em consideração os fatores do transporte são observadas algumas alterações no comportamento ambiental dos tubos. Para o cenário I (Parauapebas/PA), onde se tem as maiores trajetórias para ambos os materiais, o PVC se manteve como o mais poluente, porém o número de categorias de impacto lideradas por esse tipo de tubulação passa a ser de 10, duas a menos de quando desprezado o transporte. Essa mesma circunstância acontece para o cenário IV (Caxias do

Sul/RS), porém aqui o PVC passa a liderar em 9 das 13 categorias. Nos cenários II (Catalão/GO) e III (Parnaíba/PI) são onde acontecem as maiores mudanças, a questão do transporte nessas situações é determinante para resultar no PEX como o material mais poluente, ficando à frente em 9 categorias para a cidade do estado goiano e 8 no estado piauiense. Na Tabela 7 encontra-se resumido os resultados para cada cenário de estudo e apresenta um comparativo entre as distâncias de transporte.

Tabela 7: Relação entre as distâncias e resultado para cada cenário.

Cenários	Proporcionalidade entre as distâncias	Comparativo entre as distâncias	Resultado obtido na ACV
I	$Dist_{PVC} \cong 0,956 \times Dist_{PEX}$	$Dist_{PVC} < Dist_{PEX}$	PVC mais poluente (10 categorias)
II	$Dist_{PVC} \cong 0,700 \times Dist_{PEX}$	$Dist_{PVC} \ll Dist_{PEX}$	PEX mais poluente (9 categorias)
III	$Dist_{PVC} \cong 0,763 \times Dist_{PEX}$	$Dist_{PVC} \ll Dist_{PEX}$	PEX mais poluente (8 categorias)
IV	$Dist_{PVC} \cong 0,938 \times Dist_{PEX}$	$Dist_{PVC} < Dist_{PEX}$	PVC mais poluente (9 categorias)
V	$Dist_{PVC} \cong 2,369 \times Dist_{PEX}$	$Dist_{PVC} > Dist_{PEX}$	PVC mais poluente (12 categorias)

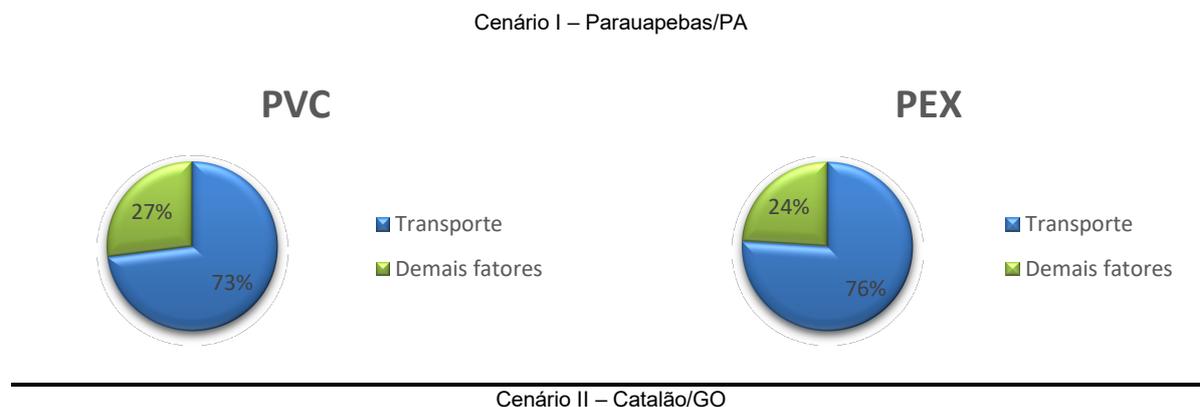
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

É possível diagnosticar um padrão no comportamento dos resultados obtidos. Para os cenários onde se tem uma distância de transporte semelhante para ambos os tipos de tubulação, como é o caso de I e IV, o PVC se mantém na liderança com mais categorias de impacto, aproximando-se da modelagem em que o transporte não é levado em consideração. Já nos cenários onde as trajetórias do PEX são muito superiores às do policloreto de vinila, situações II e III, o PEX se torna mais poluente.

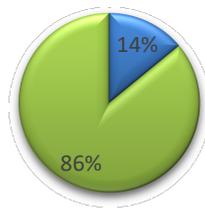
O cenário V (Osasco/SP) resultou no PVC como o mais poluente em 12 categorias de impacto, tal qual o identificado na ACV que desconsidera o transporte. Esse comportamento é explicado tendo em vista a trajetória do PEX mais curta que a do PVC.

Comparando a ACV que menospreza o transporte com as ACVs de cada um dos cenários determinou-se o percentual de emissão de CO₂ para cada uma das localidades, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11: Participação do transporte na emissão de CO₂ no ciclo de vida do PVC e PEX, por cenário.

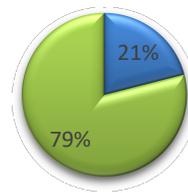


PVC



■ Transporte
■ Demais fatores

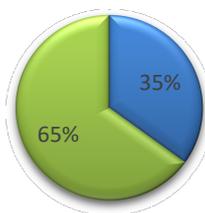
PEX



■ Transporte
■ Demais fatores

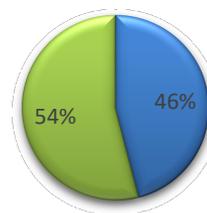
Cenário III – Parnaíba/PI

PVC



■ Transporte
■ Demais fatores

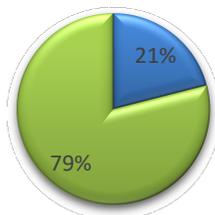
PEX



■ Transporte
■ Demais fatores

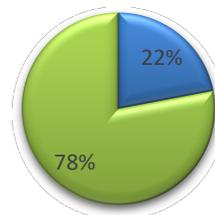
Cenário IV – Caxias do Sul/RS

PVC



■ Transporte
■ Demais fatores

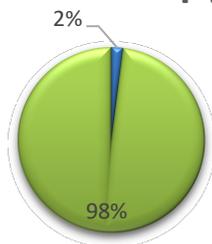
PEX



■ Transporte
■ Demais fatores

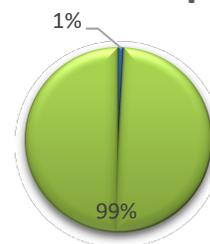
Cenário V – Osasco/SP

PVC



■ Transporte
■ Demais fatores

PEX



■ Transporte
■ Demais fatores

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Com a análise da Figura 11 percebe-se que o transporte se mostrou mais influente nos ciclos de vida dos cenários I e III, cidades das regiões norte e nordeste, territórios historicamente prejudicados com investimentos em infraestrutura. A maior participação do transporte foi no ciclo de vida do PEX na cidade de Parauapebas/PA, onde 76% do CO₂ é proveniente do processo de deslocamento da fábrica até a cidade.

Cabe pontuar que na região nordeste foram identificadas fábricas de ambos os materiais, contudo, mesmo assim, as distâncias percorridas até a localidade desse cenário se mostraram altas, situação que corrobora com as condições deficientes da infraestrutura de transporte no nordeste brasileiro.

Os tubos PEX tem uma maior dependência do transporte que os de PVC, tendo em vista que, com exceção do cenário V, em todos os outros locais ele teve uma participação do transporte superior ao PVC. Tal diagnóstico pode ser justificado tendo em vista a baixa quantidade de fábricas existentes no Brasil, situação que exige uma grande movimentação daquele material para chegar a outras localidades.

A região centro-oeste, exemplificada no cenário II, não possui fábricas de nenhum tipo de tubulação, contudo, se mostrou como o segundo cenário em que os efeitos do transporte menos aparecem no ciclo de vida dos tubos, fato que pode ser justificado pela localização centralizada e da proximidade com o DF, situações que fazem dessa região uma zona estratégica que abre conexões com todas as outras partes do país.

O cenário V, que possui as menores trajetórias entre fábrica e cidade, é o que têm as mais baixas influências do transporte, tanto para o PVC quanto para o PEX. A cidade desse cenário de estudo está situada no estado de São Paulo, a unidade federativa com as melhores rodovias do país e interligado por diversos acessos aos outros estados brasileiros. Para este cenário, caso o transporte fosse desconsiderado das análises, não seria identificado diferenças consideráveis na ACV.

Os estudos de Taborianski e Prado (2012), Nabut Neto (2011), Palácio (2013) e Gong *et al.* (2012) também abordaram os efeitos do transporte na ACV de materiais da construção civil, contudo, o local das suas avaliações são regiões desenvolvidas ou com proximidade a locais com uma infraestrutura de transporte melhor disseminada, o que ocasionou uma menor participação do transporte na ACV, semelhante aos resultados encontrado nos cenários II, região centro-oeste, e IV, região sul. Já Caldas e Sposto (2017), em suas análises da logística de entrega de blocos de concreto no norte do Brasil, encontraram um percentual por volta de 70% da participação do transporte, análogo ao identificado no cenário I para a mesma região.

Dessa forma, vê-se que o transporte pode ter influência considerável no ciclo de vida de produtos, principalmente, quando se leva em consideração as dimensões continentais do Brasil, as desigualdades industriais, tecnológicas e de infraestrutura entre uma região e outra, evidenciando a importância de adicionar os efeitos do transporte em estudos ambientais.

É importante mencionar que essa análise engloba somente as fábricas de PVC aprovadas no PSQ e as de PEX vinculadas à ABIPLAST. As empresas de materiais que renunciaram aos programas governamentais e entidades reguladoras que garantem a qualidade dos materiais produzidos conforme estipulado pelas normativas vigentes não foram contabilizadas neste estudo.

Ainda, pesquisas com essa vertente colabora com empreendimentos que desejam adquirir certificações de construções sustentáveis, como o Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) e Alta Qualidade Ambiental (AQUA), tendo em vista que esses programas possuem em seu

escopo pontuações para a escolha de materiais locais, dentro de uma quilometragem máxima entre o canteiro de obras e a fábrica, colaborando com uma menor emissão de CO₂ na atmosfera.

4. Conclusões

Para os parâmetros utilizados nesta pesquisa é possível diagnosticar que o transporte apresenta uma participação efetiva e considerável na emissão de CO₂ para os cenários situados no norte e nordeste brasileiro, sendo apenas a região sudeste com índices de emissões desprezíveis. Esse resultado ratifica a ideia de que países com dimensões continentais, como o Brasil, o quesito transporte, na avaliação do ciclo de vida de materiais, pode ser responsável por altos índices de poluição, propiciando resultados distantes da realidade para análises em que esse fator é desconsiderado.

Enxergado que o transporte tem uma parcela de influência no comportamento ambiental desses materiais, a escolha da tubulação com a melhor eficiência ambiental dependerá da localização geográfica em que o sistema predial será executado, analisando a existências de fábricas próximas ao local da obra e as condições de infraestrutura para o deslocamento.

Observou-se que o PEX, nas circunstâncias aqui analisadas, mantém uma conduta ambiental mais ecológica nos casos em que as distâncias de transporte para a logística de distribuição são menores ou semelhantes às do PVC e esse, por sua vez, só é menos poluente quando sua trajetória de locomoção se mostrou 76% inferior à do PEX.

São fatores que garantem a sustentabilidade de um material (custo, impacto ambiental e impacto social). Entretanto, este estudo focou apenas no impacto ambiental. Recomenda-se que a escolha definitiva de qual tubulação utilizar seja também amparada por análises financeiras e sociais.

Esta pesquisa beneficia a indústria da construção civil e a sociedade construtiva no monitoramento de suas emissões poluentes e auxilia na definição de estratégias de controle na liberação de CO₂. Ainda, essa análise se mostra como pioneira na disciplina de sistemas prediais brasileiros, servindo como fomento na formação de profissionais preocupados em melhorar o comportamento da construção civil em relação ao meio ambiente.

Para trabalhos futuros recomenda-se a realização de estudos com mais cenários de amostragem, englobando questões como as condições das rodovias e dos caminhões e, ainda, ampliar a fronteira da ACV, adicionando outras etapas do ciclo de vida das tubulações, para assim, obter resultados mais precisos quanto a participação do transporte na emissão de gases de efeito estufa.

Referências

ALSADI, A., *et al.* Environmental Impact Assessment of the Fabrication of Pipe Rehabilitation Materials. **Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice**, v. 11, 2020.

ALSADI, S.; BABAIZADEH, H.; FOSTER, N.; BROUN, R. Environmental and economic life cycle assessment of PEX and copper plumbing systems: A case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, pp. 1228-1236, nov. 2016.

AMANCO. Manual Técnico. Linha PEX. 2022. Disponível em: <http://assets.production.amanco.com.br.s3.amazonaws.com/uploads/collapse/file/49/Manual-PEX-2015-WEB-FINAL.pdf>. Acesso em: novembro de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014.



BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3 ed., São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Programa Setorial da Qualidade**. PSQ de tubos e conexões. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/psq/tubos-e-conexoes-de-pvc-para-sistemas-hidraulicos-prediais/>. Acessado em setembro de 2022.

BRASIL. **Transporte Rodoviário de Cargas**. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-626/IEA-EPE_Brazilian_Road_Freight_Transport_Benchmarking-2021.09.09%20\[PT\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-626/IEA-EPE_Brazilian_Road_Freight_Transport_Benchmarking-2021.09.09%20[PT].pdf). Acessado em outubro de 2022.

CABEZA, L. F. *et al.* Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Energy Analysis (LCEA) of Buildings and the Building Sector: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 29, pp. 394-416, 2014.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. Emissões de CO₂ referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto. **Ambiente Construído**, v. 17, Oct-Dec. 2017 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000400187>.

COLEHO FILHO, O.; SACCARO JUNIOR, N. L.; LUEDEMANN, G.; **A Avaliação de Ciclo de Vida como Ferramenta para a Formulação de Políticas Públicas no Brasil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6685/1/td_2205.pdf. Acessado em: novembro de 2022.

COUGHLAN, J.J.; HUG, D.P. Ultra-High Molecular Weight Polyethylene. **Encyclopedia of Polymer Science and Engineering**, v. 6, pp. 490-494. 1986.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES (DNIT). **Quadro de Fabricantes de Veículos**. Diretoria de Infraestrutura Rodoviária. 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/operacoes-rodoviaras/pesagem/QFV2012ABRIL.pdf>. Acesso em: novembro de 2022.

Editorial. **CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT)**. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/0e8733db-0f86-47c2-856b-f296b1a8573f.pdf>. Acessado em agosto de 2022.

Editorial. **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO (Abiplast)**. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2022/09/PERFIL_2021_EN_FINAL.pdf, acessado em jul. 2022.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1580: Sustainability of Construction Works - Environmental Product Declarations - Core Rules for the Product Category of Construction Products**, 2012.

GONG, X. *et al.* Life Cycle Energy Consumption and Carbon Dioxide Emission of Residential Building Designs in Beijing. **Journal of Industrial Ecology**, v. 16, n. 4, pp. 576-587, 2012.

INSTITUT FÜR KUNSTSTOFFKUNDE UND KUNSTSTOFFPRÜFUNG (IKP). NL-3: Environmental profile and environmental measures of a concrete external sewer, Intron Report No. 95027, 2003.

INSTITUTTET FOR PRODUKTUDVIKLING (IPU), Limited. Life cycle assessment of Polyvinyl Chloride



and Alternatives: Summary report for consultation, Department of Environment, Transport and the Regions, 2000.

MARSON, A.; MANZARDO, A.; PIRON, M.; FEDELE, A.; SCIPIONI, A.; Life cycle assessment of PVC - A polymer alloy pipes for the impacts reduction in the construction sector. **Chemical Engineering Transactions**, v. 86, pp. 721-726, jun. 2021.

MONTEIRO, H.; FREIRE, F.; SOARES, N. Life cycle assessment of a south European house addressing building design options for orientation, window sizing and building shape. **Journal of Building Engineering**, v. 39, jul. 2021.

NABUT NETO, A.C. **Energia Incorporada e Emissões de CO₂ de Fachadas: estudo de caso do steel frame para utilização em Brasília**, Tese de M. Sc., Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2011.

PALÁCIO, C. D. U. **Energia Incorporada de Vedações para Habitação de Interesse Social considerando-se o Desempenho Térmico: estudo de caso com utilização do Light Steel Frame no Entorno do DF**, Tese de M. Sc. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, 2013.

PARVEZ, J. **Life cycle assessment of PVC water and sewer pipe and comparative sustainability analysis of pipe materials**. In: *91st Annual Water Environment Federation Technical Exhibition and Conference*, Nova Orleans, Louisiana, EUA, out. 2018.

PENNAFORT JÚNIOR, L. C. G.; SILVA, F. R.; DEUS, E. P. Avaliação e caracterização de tubos fabricados com PVC reciclado, **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 23, pp. 547-551. 2013.

QUDDUS, T., *et al.* Retrofit of Building Façade Using Precast Sandwich Panel: An Integrated Thermal and Environmental Assessment on BIM-Based LCA, **Buildings**, v. 12, 2098, 2022.

QUINTEIRO, P., *et al.* Life cycle assessment of ceramic roof tiles: A temporal perspective, **Journal of Cleaner Production**, v. 363, ago. 2022.

RODOLFO JÚNIOR, A., *et al.* **Tecnologia do PVC**, 2 ed., São Paulo, Brasil, ProEditores Associados Ltda., 2006.

ROSSELLÓ, B., *et al.* Energy Use, CO₂ emissions and waste throughout the life cycle of a sample of hotels in the Balearic Islands, **Energy and Buildings**, v. 42, pp. 547-558, abr. 2010.

SILVA, A. L. N. **Preparação e Avaliação de Propriedades Térmicas, Morfológicas. Mecânicas e Reológicas de Misturas à Base de Polipropileno e Poli(etileno-co-1-octeno)**, Tese D. Sc., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 1999.

SILVEIRA, D. T., CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica, In: Gerhardt, T. E., Silveira, D. T., Métodos de pesquisa. 1 ed., chapter 02, Porto Alegre, UFRGS, 2009.

SIMÃO, L. E., SCARIOT, G. L., CEZNE, M. A. Transporte rodoviário de cargas: Como selecionar um método para cálculo de emissão de CO₂ da sua frota? **Estratégia & Negócios**, v. 15, pp. 97-122, 2022.

SPELMAN, D., LEE, Y.-S. Sustainability of Concrete as A Civil Engineering Material. **Engineering Journal**, v. 26 (7), pp. 69-81, 2022.



TABORIANSKI, V. M., PRADO, R. T. A., Methodology of CO₂ Emission in the Life Cycle of Office Building Façades. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 33, pp. 41-47, 2012.

TIGRE. Orientações para instalações de Água Fria. Água fria predial. 2022. Disponível em: <https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/10/ct-agua-fria.pdf>. Acesso em: de 2022.

UGAYA, C. M. L., *et al.* **Recomendação de modelos de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida para o Contexto Brasileiro**, 1 ed., Brasília, Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict), 2019.

VAHID, E., *et al.* Environmental life cycle analysis of pipe materials for sewer systems. **Sustainable Cities and Society**, v. 27, pp. 167-174, nov. 2016.

XIONG, J.; ZHU, J.; HE, Y.; REN, S.; HUANG, W.; LU, F. The application of life cycle assessment for the optimization of pipe materials of building water supply and drainage system. **Sustainable Cities and Society**, v. 60, art. no. 102267, 2020.

ZANGHELINI, G. M., *et al.* Análise da evolução dos temas de pesquisa da ACV no Brasil baseada na relação de co-words, **Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida**, v. 1, n. 2, pp. 34-48, 2017.

Rigley César Matias Gonçalves

Possui graduação pela Universidade Federal de Goiás e atualmente é aluno regular do curso de mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Catalão, na linha de gestão, tecnologia e sustentabilidade na construção civil, desenvolvendo estudos relacionados com o comportamento ambiental de componentes de sistemas prediais. Foi aluno cientista pesquisador no projeto Engenharia Legal, na Universidade Federal de Goiás, voltado a desenvolver e analisar técnicas sustentáveis que possam contribuir com o meio ambiente e impulsionar a economia.

Contribuição de coautoria: Curadoria de dados, análise, coleta de dados, metodologia, validação, redação – rascunho original.

Heber Martins de Paula

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás, mestrado em Curso de Mestrado em Engenharia Civil Estruturas e pela Universidade Federal de Goiás e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas. Professor Adjunto do curso de Engenharia Civil e dos Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (linha de Gestão, Tecnologia e Sustentabilidade na Construção Civil) da Universidade Federal de Catalão. Tem experiência na área de construção civil, desenvolvimento de novos materiais e instalações hidrossanitárias prediais, atuando como projetista e docente de Sistemas Prediais Hidrossanitário, Construção Sustentável e Acompanhamento de obras. Foi vencedor da 20ª. Edição do Prêmio CBIC (antigo prêmio Falcão Bauher) de Inovação e Sustentabilidade, categoria Pesquisa. Coordenador de Pesquisa da UFG/Regional Catalão (2015 e 2016), Coordenador de Administração e Finanças UFG/RC (2018-2019) e, atualmente, Pró-Reitor Pró-Tempore de Administração e Finanças da Universidade Federal de Catalão (UFCAT).

Contribuição de coautoria: Concepção, metodologia, supervisão, validação, redação - revisão e edição.



Como citar: GONÇALVES, R.C.M., PAULA, H.M. de. O impacto do transporte no ciclo de vida de tubos de PVC e PEX em um país de dimensões continentais. *Paranoá*. n.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.10

Editores responsáveis: Ronaldo Rodrigues Lopes Mendes (UFPA), Sílvio Roberto Magalhães Orrico (UEFS) e Thiago Alberto da Silva Pereira (UFAL) e Daniel Sant'Ana (UnB).