



Foto: Vitor Moraes Ribeiro/Parque Linear Piçarrão

Plano Local de Ação Climática de Campinas

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)

Análise Comparativa 2016-2021

Dezembro/2023

EQUIPE TÉCNICA

Prefeitura de Campinas

Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Ângela Cruz Guirao - Diretora

Departamento do Verde e do Desenvolvimento Sustentável

Carla de Souza Camarneiro - Engenheira Ambiental

Departamento de Licenciamento Ambiental

Gabriel Dias Mangolini Neves - Engenheiro Ambiental

Departamento de Licenciamento Ambiental

Juliano Braga - Ecólogo

Departamento do Verde e do Desenvolvimento Sustentável

Luiz Gustavo Merlo - Diretor Educacional

Departamento do Verde e do Desenvolvimento Sustentável

Mario Jorge Bonfante Lançone - Engenheiro Ambiental

Departamento de Licenciamento Ambiental

Vitor Moraes Ribeiro - Geógrafo

Departamento do Verde e do Desenvolvimento Sustentável

COLABORADORES

WRI Ross Center for Sustainable Cities

Henrique Evers - *Gerente Sênior de Desenvolvimento Urbano (WRI Brasil)*

Nathalie Badaoui Choumar, *Gerente Sênior de Ação Climática Integrada (WRI Global)*

Max Jamieson, *Líder Global de Ação Climática Integrada (WRI Global)*

Raisa de Castro Soares, *Analista Sênior de Ação Climática Integrada (WRI Global)*

Reynaldo Mello Neto, *Analista Sênior de Mobilidade Ativa (WRI Brasil)*

I Care

Thiago Borges David, *Consultor Sênior Clima*

Victor Pires Gonçalves, *Diretor de Novos Negócios*

ACRÔNIMOS

ACI: Ação Climática Integrada

AFOLU: Agricultura, Florestas e Uso do Solo

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CIRIS: *City Inventory Reporting and Information System*

EMDEC: Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas

GCoM: Pacto Global de Prefeitos pelo Clima e Energia

GEE: Gases de Efeito Estufa

GHG: Protocolo de Gases de Efeito Estufa

GPC: Protocolo Global para Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Escala da Comunidade

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICLEI: Governos Locais pela Sustentabilidade

IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPPU: Processos Industriais e Uso de Produtos nas Indústrias

PLAC: Plano de Ação Climática de Campinas

PNUD: Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento

PROAMB: Fundo de Recuperação, Manutenção e Preservação do Meio Ambiente

RMC: Região Metropolitana de Campinas

SANASA: Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento de Campinas

SIN: Sistema Interligado Nacional

SP: São Paulo

SVDS: Secretaria do Verde e Desenvolvimento Sustentável de Campinas

WRI: World Resources Institute

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. ANÁLISE COMPARATIVA 2016, 2019 E 2021	5
1.1. Metodologia	5
1.2. Fontes de Emissão	7
1.3. Análise Comparativa dos Resultados dos Inventários	8
1.3.1. Por Escopo	9
1.3.2. Por Setor	10
1.3.2.1. Transporte	11
1.3.2.2. Energia Estacionária	13
1.3.2.3. Resíduos	14
1.3.2.4. AFOLU (Agricultura, Florestas e Uso do Solo)	15
CAPÍTULO 2. ANÁLISE DO POTENCIAL DE REDUÇÕES DE CO₂E	16
2.1. Redução das emissões no setor de Transporte	16
2.1.1. Combustíveis Renováveis e Eletrificação da Frota	16
2.1.2. Ciclovias	19
2.2. Redução das emissões no setor de Energia Estacionária	20
2.2.1. Potencial de Energia Fotovoltaica Instalada até 2023	20
2.3. Redução das emissões no setor de Resíduos	22
2.3.1. Usina Verde de Compostagem	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
ANEXO 1 - Resultados dos Inventários de GEE (anos-base 2019 e 2021)	24

CAPÍTULO 1. ANÁLISE COMPARATIVA 2016, 2019 E 2021

O presente relatório traz uma análise comparativa dos resultados dos Inventários de Gases de Efeito Estufa (GEE) de Campinas para os anos-base de 2016, 2019 e 2021. Em 2016, a elaboração do Inventário de GEE foi realizada para toda a Região Metropolitana de Campinas (RMC), através de uma contratação com recursos do Fundo de Recuperação, Manutenção e Preservação do Meio Ambiente - PROAMB. Já para a atualização dos dados do Inventário do município de Campinas, foram escolhidos os anos de 2019 e 2021 para seu desenvolvimento, permitindo uma análise antes e depois do impacto do lockdown por conta da pandemia de COVID-19 nas emissões.

A análise comparativa permite identificar tendências, padrões e variações nas emissões da cidade, possibilitando o monitoramento dessas emissões e apoiando a definição de estratégias para a redução.

Com o objetivo de entender os impactos das ações de mitigação também se buscou realizar uma análise das possíveis reduções de CO₂e ocorridas no território atualmente para assim iniciar a construção de uma metodologia sólida que ajude a medir essas ações.

1.1. Metodologia

O Inventário de GEE da Região Metropolitana de Campinas (ano-base 2016) foi elaborado pela consultoria WayCarbon, utilizando o método do Protocolo Global para Inventários de Emissões de GEE na Escala da Comunidade (GPC). Para a realização dos cálculos, foi utilizada a ferramenta 'Climas' desenvolvida pela consultoria. A elaboração do inventário levou em conta fatores de emissão disponíveis para cada tipo de fonte, como os fatores de emissão do Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil, e quando não disponíveis, foram utilizados fatores de emissão de referências internacionais como o do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA) e Departamento do Reino Unido de Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais DEFRA.

Em 2019 e 2021, os inventários de emissões de GEE de Campinas adotaram, também, a metodologia do Protocolo Global para Inventários de Emissões de GEE na Escala da Comunidade (GPC), versão 1.1. Essa metodologia considera as diretrizes do IPCC e foi desenvolvida para aplicação em cidades e governos locais, visando estimular um quadro de referência transparente no acesso a dados e possibilitar a comparação entre inventários. O GPC é recomendado pelo Pacto Global dos Prefeitos pelo Clima e Energia (GCoM) e foi desenvolvido pelas instituições C40, World Resources Institute (WRI) e ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, sendo aprovado pelo Banco Mundial, ONU-Habitat e Programa da Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

A produção dos inventários de emissões de gases de efeito estufa de Campinas para os anos-base 2019 e 2021 teve início com uma capacitação virtual fornecida a técnicos da Prefeitura de Campinas nas metodologias de cálculos das emissões do IPCC e na metodologia de relatoria e contabilização do GPC. A capacitação foi realizada na segunda quinzena de junho de 2023 pela consultoria I Care, a fim de capacitar os técnicos a elaborarem o inventário da cidade a partir da ferramenta gratuita *City Inventory Reporting and Information System* (CIRIS), versão 2.5, desenvolvida pela C40. Durante o processo de elaboração dos inventários GEE de Campinas, a I Care foi responsável por validar os cálculos e dar suporte nas dúvidas apresentadas pelos técnicos da prefeitura. Desta maneira, os cálculos dos inventários de emissões de gases de efeito estufa de 2019 e 2021 foram realizados pelos técnicos da Secretaria do Verde, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SVDS) durante os meses de julho e agosto de 2023, como parte do processo de elaboração do Plano Local de Ação Climática (PLAC) e apoio técnico fornecido pelo WRI. Para os cálculos de resíduos sólidos e compostagem utilizou-se a planilha 2023 versão 0.3 GHG Protocol disponibilizada pela FGV EAESP.

O PLAC está sendo desenvolvido com uma abordagem de Ação Climática Integrada (ACI), desenvolvida e implementada pelo WRI, que engloba ações intersetoriais e multiníveis para acelerar a mitigação e adaptação às mudanças climáticas e gerar benefícios equitativos para todos os residentes urbanos, especialmente os menos atendidos por serviços públicos, ao mesmo tempo que garante a proteção e restauração dos ecossistemas naturais.

De acordo com a metodologia do GPC, as emissões totais produzidas dentro dos limites do inventário podem ser definidas como a soma das emissões específicas de cada setor de atividade. Cada setor possui suas próprias características e fórmula de mensuração, mas, de maneira geral, as emissões podem ser obtidas por meio de uma equação:

$$E_{i,g} = DA_i \times FE_{i,g} \times PAG_g$$

Onde,

E: emissões da atividade, valor total de emissões geradas ou removidas, em toneladas de dióxido de carbono equivalentes (CO_{2e}), para cada setor de atividade contabilizado.

i: índice que representa uma atividade que gera emissões ou um sumidouro.

g: índice que representa um tipo de gás de efeito estufa.

DA: dado de atividade, seja para emissões ou remoções.

FE: fator de emissão associado a cada atividade, normalmente um valor padrão para cada GEE.

PAG: potencial de aquecimento de cada gás, seguindo a mesma unidade característica do fator de emissão.

1.2. Fontes de Emissão

A Tabela 1 abaixo apresenta um resumo das fontes de emissão contabilizadas nos inventários por ano:

Tabela 1 - Fontes de emissão contabilizadas por ano

Setor	ID – GPC	Sub-setor	2016	2019	2021
			(em tCO ₂ e)		
I.Energia Estacionária	I.1	Edifícios residenciais	216.561	298.261	364.403
	I.2	Edifícios e instalações comerciais e institucionais	181.528	170.409	224.248
	I.3	Indústrias transformadoras e construção civil	136.231	118.452	158.477
	I.4	Indústria de energia	6.206	5.164	3.694
	I.5	Agricultura, silvicultura e pesca	13.454	5.777	15.348
	-	Total (setor)	553.980	598.063	766.170
II.Transportes	II.1	Transporte rodoviário	1.123.193	965.585	970.493
	II.4	Transporte aéreo	756.458	1.012.930	1.166.533
	-	Total (setor)	1.879.651	1.978.516	2.137.026
III.Resíduos	III.1	Resíduos sólidos urbanos	-	174.713	146.707
	III.4	Tratamento de Efluentes	179.710	467.910	469.036
	-	Total (setor)	179.710	642.623	615.743
V.Agricultura, Floresta e Uso da Terra (AFOLU)	V.1	Rebanhos	45.310	35.557	29.062
	V.2	Mudança do uso da terra	-	19.821	13.690
	V.3	Emissões agregadas e outras de não CO ₂	5.249	-	-
	-	Total (setor)	50.559	55.378	42.752
		Total de emissões	2.663.901	3.274.580	3.561.690

1.3. Análise Comparativa dos Resultados dos Inventários

Essa seção do relatório apresenta uma análise comparativa dos resultados dos Inventários de Emissões de GEE no município de Campinas para os anos 2016, 2019 e 2021. Os inventários levaram em consideração os escopos 1, 2 e 3 e os setores analisados foram Energia Estacionária, Transporte, Resíduos e Efluentes, e AFOLU (Agricultura, Florestas e Uso do Solo). O setor de IPPU (Processos Industriais e Uso de Produtos nas Indústrias) não foi incluído nos cálculos por, até o momento de fechamento do inventário, não ter sido possível obter um retorno das fontes contatadas para obtenção dos dados de atividades necessários para o cálculo das emissões. É importante mencionar, no entanto, que no **inventário de 2016 o setor de IPPU representou 0% das emissões na cidade.**

Na sequência, a Figura 1 exemplifica quais fontes de emissão são incluídas considerando o limite da fronteira geográfica estabelecida para o inventário (escopo 1), quais decorrem do uso de eletricidade, calor, vapor e resfriamento dentro dos limites geográficos estabelecidos (escopo 2), e quais emissões ocorrem fora dos limites geográficos estabelecidos como resultado de uma atividade que ocorreu dentro da fronteira estabelecida (escopo 3).



Figura 1 - Separação de atividades por escopo de emissão para método Basic+ do GPC

1.3.1. Por Escopo

Em **2016**, Campinas emitiu um total de **2.663.901 tCO₂e**, sendo o escopo 1 com as maiores emissões, responsável por **2.350.698 tCO₂e** ou 88% do total. As emissões do escopo 2 foram de **262.853 tCO₂e** ou 10%, enquanto o escopo 3 foi responsável por **50.350 tCO₂e** ou 2%.

No de **2019**, as emissões totais de Campinas foram de **3.274.580 tCO₂e**. O escopo 1 foi responsável pela maioria das emissões, com **2.851.168 tCO₂e** ou 87% do total. O escopo 2 foi o segundo maior emissor, com **248.699 tCO₂e** (8%), enquanto o escopo 3 totalizou **174.713 tCO₂e** (5%), sendo o menor emissor entre os três escopos analisados.

No último ano analisado, **2021**, foram registradas emissões totais de **3.561.690 tCO₂e** em Campinas, sendo o escopo 1 responsável pela maior parte com **3.005.958 tCO₂e** ou 84% do total. O escopo 2 contribuiu com **411.313 tCO₂e** ou 12%, enquanto o escopo 3 totalizou **144.419 tCO₂e** (4%). A figura 2 apresenta as emissões de gases de efeito estufa em Campinas por escopo e ano.

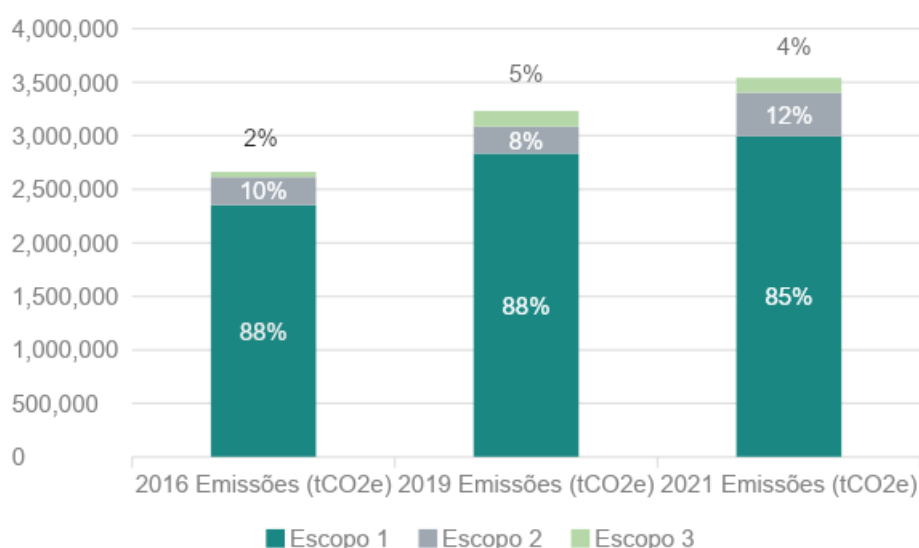


Figura 2 - Emissões por escopo e por ano

Em relação às emissões totais de gases de efeito estufa em Campinas, houve um aumento de cerca de 23% entre 2016 e 2019 e um aumento de 34% entre 2016 e 2021. Já em comparação com as emissões de 2019, o aumento foi de aproximadamente 9% em 2021. É importante ter em conta que o ano de 2021 foi um dos anos mais críticos da Pandemia de COVID-19 no Brasil, e os dados de atividades podem refletir as medidas e orientações de lockdown e alterações na rotina da população.

O escopo 1, entre os anos de 2016 e 2019, apresentou um aumento em suas emissões em **500.470 tCO₂e** ou 21%. Entre os anos de 2019 e 2021, as emissões aumentaram em 5% ou **154.790 tCO₂e**. E em relação ao período estudado (2016-2021) a variação foi de +28% ou **655.260**

tCO₂e. A diferença nos valores de emissões do escopo 1 em 2019 e 2021 em comparação com 2016 pode ser explicada pela mudança de metodologia de cálculo para o subsetor de efluentes. Em 2016, foram consideradas para o cálculo as emissões provenientes unicamente dos efluentes tratados com base nos dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Já nos anos de 2019 e 2021, foi considerado todo o efluente produzido pela população através de dados disponibilizados pela Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento de Campinas (SANASA).

Já no escopo 2, houve uma redução nas emissões de **14.154 tCO₂e** ou 5% entre os anos de 2016 e 2019, e entre 2016 e 2021 um aumento de **148.460 tCO₂e** ou 56%. Entre 2019 e 2021, as emissões aumentaram em **162.614 tCO₂e** o que representa um crescimento de 65%. Este crescimento está relacionado principalmente com o aumento do fator de emissão da rede do Sistema Interligado Nacional (SIN), que em 2021 foi 55% maior que em 2016 e 69% maior que em 2019, **devido ao acionamento de usinas termelétricas no período.**

O escopo 3 apresentou um aumento de **124.363 tCO₂e** entre 2016 e 2019. Entre 2021 e 2019, as emissões diminuíram em **30.294 tCO₂e** o que representa uma redução de 17%. Já para o período de 2016 a 2021, esse escopo representou um crescimento de **94.069 tCO₂e** (187%). O aumento das emissões desse escopo está relacionado à inclusão dos cálculos de emissão relacionados à disposição de resíduos, que em 2016 não apresentou emissões.

1.3.2. Por Setor

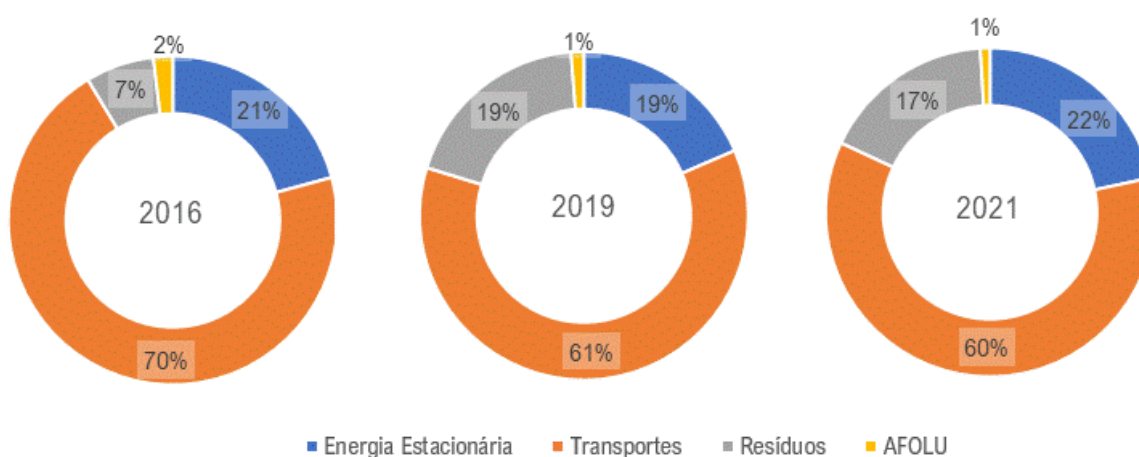


Figura 3 – Comparação da proporção anual de emissões de GEE, por setor.

A análise setorial das emissões nos permite observar as diferenças e particularidades do município de Campinas durante os anos analisados. A Figura 3 mostra a representatividade dos setores perante às emissões totais do ano em questão e permite uma comparação entre os anos analisados.

1.3.2.1. Transporte

O setor de **transportes apresentou as maiores emissões** entre os setores para os três anos. No primeiro ano analisado (2016), as emissões deste setor foram de **1.879.651 tCO₂e** que representam 70% das emissões totais. Em 2019, as emissões relacionadas ao transporte totalizaram **1.978.515 t tCO₂e** (61%), representando um crescimento de 5% em relação a 2016. No ano de 2021, as emissões do setor em questão foram de **2.137.026 tCO₂e** (60%), um crescimento de 14% em relação a 2016 e 8% em relação a 2019. Esse aumento pode ser explicado pelo crescimento no volume das operações do aeroporto de Viracopos e pelo consequente aumento no consumo de querosene de aviação, que teve um aumento de 34% entre 2016 e 2019 e de 54% entre 2016 e 2021. (Figura 5). Em 2019 e 2021, as emissões do subsetor de transporte aéreo ultrapassaram as do subsetor de transporte rodoviário.

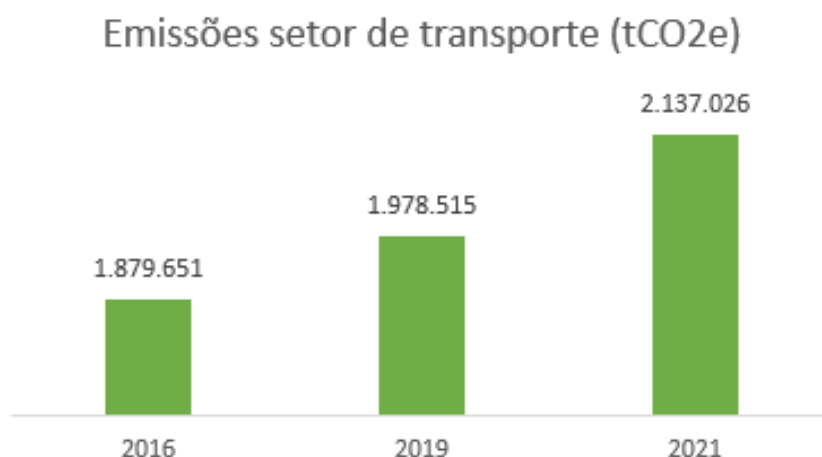


Figura 4 – Emissões do setor de transporte por ano

O subsetor de transporte rodoviário, na contramão das emissões do transporte aéreo, apresentou queda de aproximadamente 14% entre 2021 e 2019 e entre 2021 e 2016 nas emissões relacionadas. **A análise dos dados de atividade nos permite concluir que houve uma substituição do uso da gasolina C pelo etanol hidratado neste período devido a variação de preços do mercado, refletida principalmente no ano de 2019** (Figura 6). O impacto da escolha dos consumidores reflete nas emissões de GEE deste subsetor devido aos diferentes fatores de emissão associados aos combustíveis em questão. O fator de emissão disponibilizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2016) para a gasolina pura é de 2,5155 kgCO₂e/L, enquanto o fator de emissão do etanol hidratado é 42% menor (1,47085 kgCO₂e/L).

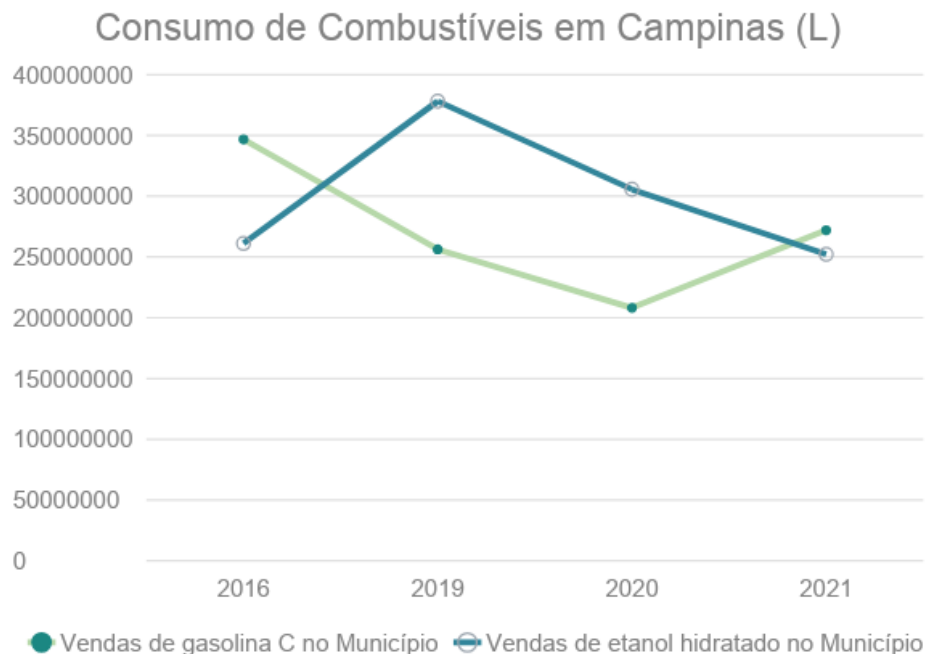


Figura 5 - Evolução do consumo de Combustíveis Rodoviários em Campinas

Vale ressaltar que as emissões do etanol são consideradas biogênicas, o que significa que são provenientes de processos biológicos naturais ou atividades humanas que envolvem organismos vivos. No caso do etanol brasileiro, as emissões são resultado da queima de biomassa proveniente, na maioria dos casos, da cana de açúcar. As emissões biogênicas são consideradas parte do ciclo natural do carbono e são consideradas neutras em termos de balanço de carbono. Isso ocorre porque as fontes de emissão biogênica são originadas de biomassa recente, que absorve dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera durante seu crescimento, representando uma liberação temporária do CO_2 que foi previamente capturado.

No ano de 2021, nota-se um quase balanço entre o consumo de etanol e gasolina. É importante salientar, no entanto, que o consumo total de combustíveis neste ano foi o menor da série histórica analisada. Atribui-se esse resultado às medidas de lockdown adotadas pela população por conta da Pandemia do COVID-19. A figura 7 mostra o total de combustível de transporte rodoviário vendido na cidade durante os anos de análise deste Inventário. Os dados do ano de 2020 foram inseridos para complementar a visão dos impactos da Pandemia nos dados de atividade deste subsetor.

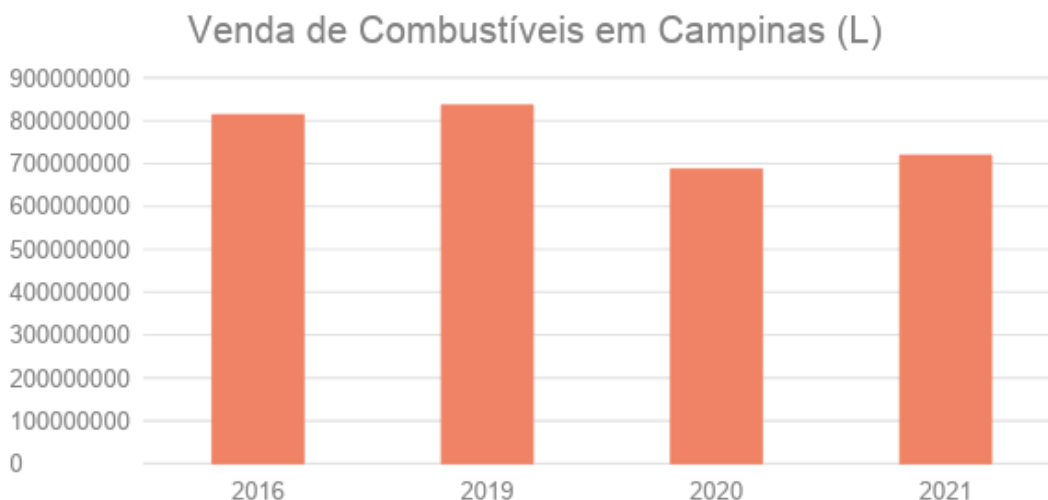


Figura 6 – Venda de Combustíveis Rodoviários em Campinas. Dados: ANP.

1.3.2.2. Energia Estacionária

Em 2016, o setor de energia estacionária totalizou **553.980** tCO₂e ou 21% das emissões totais. No ano de 2019, as emissões deste setor foram de **598.063** tCO₂e (19%), e em relação a 2016 as emissões aumentaram em 8%. Em 2021, o setor de energia estacionária foi responsável por **766.170** tCO₂e, ou 22% do total das emissões e em relação ao primeiro ano estudado, as emissões desse setor cresceram em 38%. Entre 2019 e 2021, o crescimento foi de 28% das emissões para energia estacionária. Como apresentado anteriormente, o crescimento das emissões do ano de 2021 se deve principalmente ao crescimento do fator de emissão da rede do Sistema Interligado Nacional (Figura 4), que teve um crescimento significativo entre 2016 e 2021, aumentando em 54,71% em relação a 2016 e 68,53% em relação a 2019.

Ao analisar os subsetores, o de edifícios residenciais apresenta a maior parcela de emissões no setor de energia estacionária. Em 2016, as emissões eram de **216.561,41** tCO₂e, aumentando para **298.261** CO₂e em 2019, o que representa um crescimento de mais de 37% em relação a 2016. Já em 2021, as emissões chegaram a **364.403** tCO₂e, representando um aumento de 68% em relação a 2016 e de 22% em relação a 2019. Apesar da redução do fator de emissão entre 2016 e 2019, houve um aumento nas emissões nesses anos de cerca de 38%. Esse acréscimo pode ser explicado pelo aumento do consumo de energia elétrica neste subsetor. Em 2016, o consumo foi de 1.066.803 MWh/ano, enquanto em 2019 aumentou para 1.147.449 MWh/ano e, em 2021, alcançou 1.174.430 MWh/ano.

Emissões setor de energia estacionária (tCO₂e)

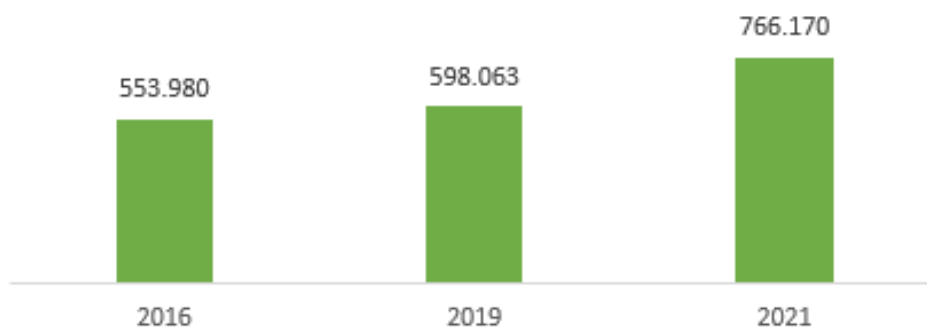


Figura 7 – Emissões setor estacionária por ano

1.3.2.3. Resíduos

O setor de resíduos em Campinas apresentou um aumento significativo nas emissões de gases de efeito estufa entre 2016 e 2019. As emissões passaram de **179.710** tCO₂e (7% das emissões de 2016) para **642.623** tCO₂e, o que representa um crescimento de 257% em relação a 2016. Em 2021, o setor foi responsável por **615.743** tCO₂e (17% das emissões anuais), uma diminuição de 4% em relação a 2019. Como mencionado anteriormente, essa tendência pode ser justificada pelo fato de que, em 2016, o setor não apresentou emissões para a disposição de resíduos sólidos, pois estes foram incluídos no município de Paulínia - SP, local de destinação final dos resíduos de Campinas e incorporadas emissões de efluentes não tratados a partir de 2019.

Emissões setor de resíduos (tCO₂e)

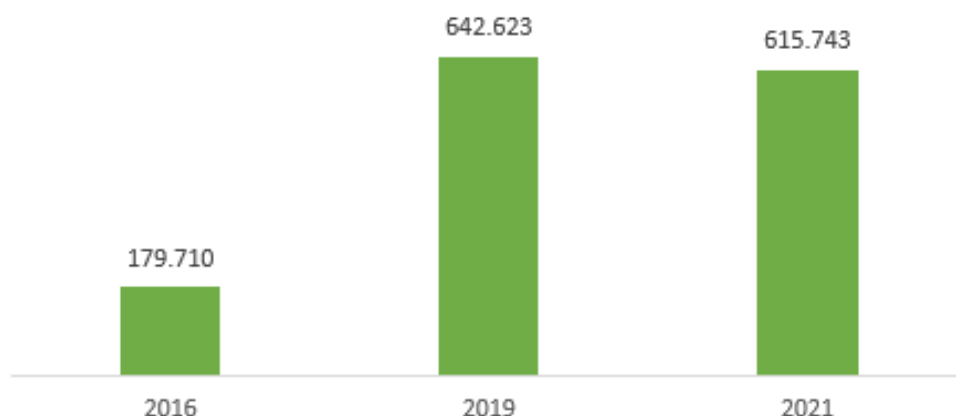


Figura 8 – Emissões setor de resíduos por ano

1.3.2.4. AFOLU (Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo)

O setor de AFOLU (Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo) apresentou uma redução nas emissões de gases de efeito estufa em Campinas entre 2016 e 2021. Em 2016, as emissões deste setor totalizaram **50.559 tCO₂e**, representando 2% das emissões totais da cidade. Em 2019, as emissões de AFOLU foram de **55.378 tCO₂e** (2% do total), uma redução de 20% em relação a 2016. Já em 2021, as emissões de AFOLU foram de **42.752 tCO₂e** (1% do total), representando uma redução de 15% em relação a 2016 e de 23% em relação a 2019. As reduções nas emissões de AFOLU podem ser justificadas por diferenças metodológicas adotadas, como a não contabilidade das emissões associadas ao uso de fertilizantes e ao subsetor de emissões não agregadas e outras de não CO₂ nos anos de 2019 e 2021, justificada pela dificuldade de acesso aos dados (Figura 9).

Em 2016, foi reportado zero de desmatamento na Região Metropolitana de Campinas (RMC) devido ao uso da base de dados da SOS Mata Atlântica, que identifica apenas desmatamentos contínuos superiores a 3 ha/ano. Isso indica que o tamanho da área contínua dos desmatamentos, caso tenham ocorrido, foi menor do que 3 ha e não necessariamente porque não houve nenhum tipo de desmatamento durante esse ano. Já nos anos de 2019 e 2021, foram utilizados os dados da Coleção 8 do MapBiomas, fornecendo uma escala mais precisa de 30 metros, o que permitiu avaliar a fragmentação da vegetação. Essa mudança na fonte de dados possibilitou uma análise mais detalhada e confiável do desmatamento na região.

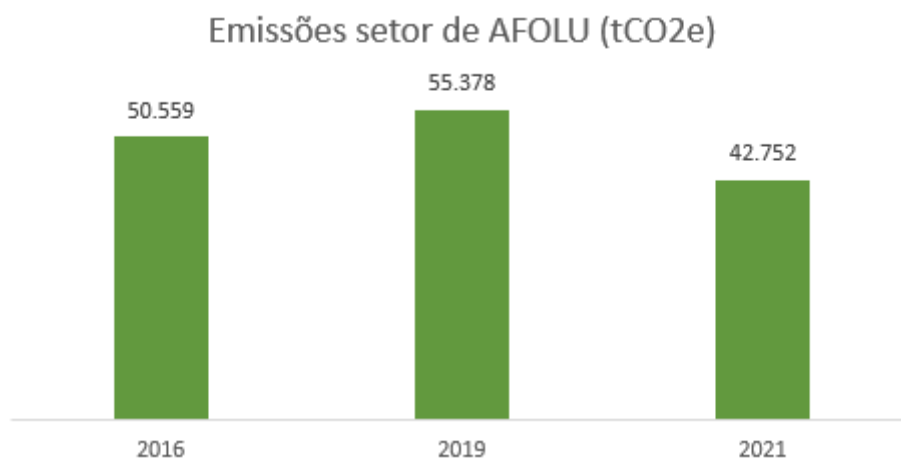


Figura 9 – Emissões setor de AFOLU por ano

Nos anos de 2019 e 2021, foi possível observar uma redução nas emissões relativas aos rebanhos. No ano de 2016 as emissões referentes a rebanhos foram da ordem de 45.310 tCO₂e. Em 2019, as emissões foram de 35.557 tCO₂e, enquanto em 2021, foram de 29.062 tCO₂e, representando uma redução de 18% em relação a 2019 e 36% comparado a 2016. Essa diminuição pode ser explicada pela redução do número de cabeças de gado, que passou de cerca de 25 mil em 2016 para menos de 21 mil em 2021.

CAPÍTULO 2. ANÁLISE DO POTENCIAL DE REDUÇÕES DE CO₂E

2.1. Redução das emissões no setor de Transporte

O objetivo deste capítulo é agregar um entendimento do impacto das reduções das emissões de CO₂e no território de Campinas - SP através da análise dos dados disponíveis atualmente.

2.1.1. Combustíveis Renováveis e Eletrificação da Frota

A análise consiste nas ações de mitigação e adaptação que o município já iniciou, além daquelas decorrentes de políticas macro como a substituição de combustíveis fósseis pelos renováveis como o etanol e os elétricos.

Assim, utilizando a ferramenta *City Inventory Reporting and Information System* (CIRIS) com a mesma metodologia do Protocolo Global para Inventários de Emissões de GEE na Escala da Comunidade versão 1.1 (GPC), foi elaborado uma simulação considerando as emissões de CO₂e evitadas dentro do território municipal com a substituição da gasolina comum pelo etanol hidratado.

A tabela 2 demonstra a real venda de combustível no território:

Venda de Combustível - Inventário 2021		
Combustível	Quantidade em (L)	Emissão tCO ₂ e 2021
Gasolina (L)	198.636.962,00	457.521,00
Etanol (H)	252.168.507,00	3.493,00
Etanol (A)	73.468.465,00	606,00
Total	524.273.934,00	461.620,00

Tabela 2. Venda de combustível em 2021. Fonte: ANP

A tabela 3 sistematiza os dados considerando como seria a venda de Gasolina Comum, caso não existisse a alternativa renovável do Etanol Hidratado. Considerando que para composição da Gasolina Comum são adicionados 27% de Etanol Anidro e a eficiência do Etanol Hidratado com relação a Gasolina Comum é de 70%.

Simulação: Venda de Gasolina Comum 2021		
Combustível	Quantidade em (L)	Emissão tCO ₂ e 2021
Gasolina (L)	327.495.069,08	754.319,00
Etanol (H)	0	0
Etanol (A)	121.128.312,82	999
Total	448.623.381,90	755.318,00

Tabela 3. Simulação da venda de Gasolina Comum 2021 sem alternativa do etanol. Fonte: ANP

Logo verificamos que a com a alternativa do etanol hidratado evitou a emissão de **293.698,00 tCO₂e** conforme observamos na figura 10.

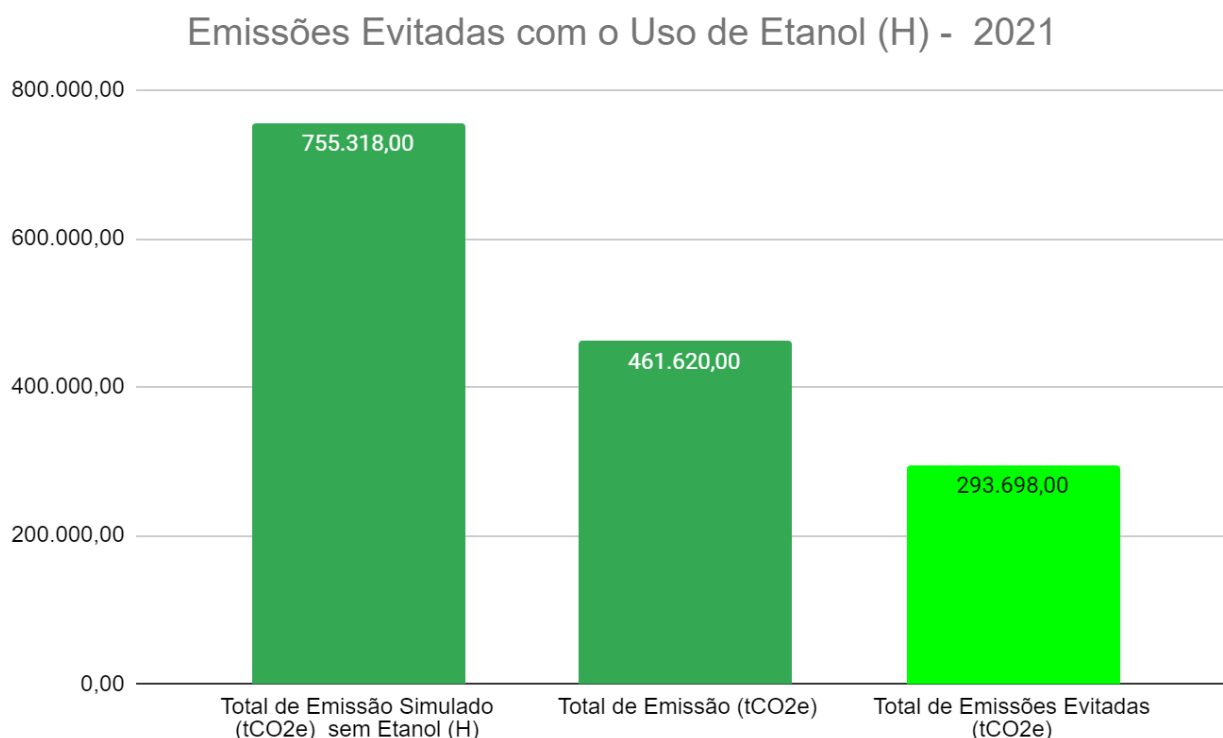


Figura 10. Emissões evitadas com o uso de combustíveis renováveis em 2021.

Foi possível também levantar os dados de venda de combustíveis para 2022, assim a tabela 4 demonstra uma simulação das vendas sem a alternativa dos combustíveis renováveis.

Simulação: Venda de Gasolina Comum 2022		
Combustível	Quantidade em (L)	Emissão tCO ₂ e 2022
Gasolina (L)	354.834.060,95	817.289,00
Etanol (H)	0	0
Etanol (A)	131.239.995,15	1083
Total	486.074.056,10	818.372,00

Tabela 4. Simulação da venda de Gasolina Comum 2022 sem alternativa do etanol. Fonte: ANP

Na tabela 5 verificamos a real venda de combustíveis em 2022.

Venda de Combustível - Inventário 2022		
Combustível	Quantidade em (L)	Emissão tCO ₂ e 2022
Gasolina (L)	234.174.291,73	539.374,00
Etanol (H)	236.124.793,00	3.270,00
Etanol (A)	86.612.409,27	715,00
Total	556.911.494,00	543.359,00

Tabela 5. Venda de combustível em 2022. Fonte: ANP

Verificamos que a com a alternativa do etanol hidratado evitou a emissão de **275.013,00** tCO₂e conforme observamos na figura 11.

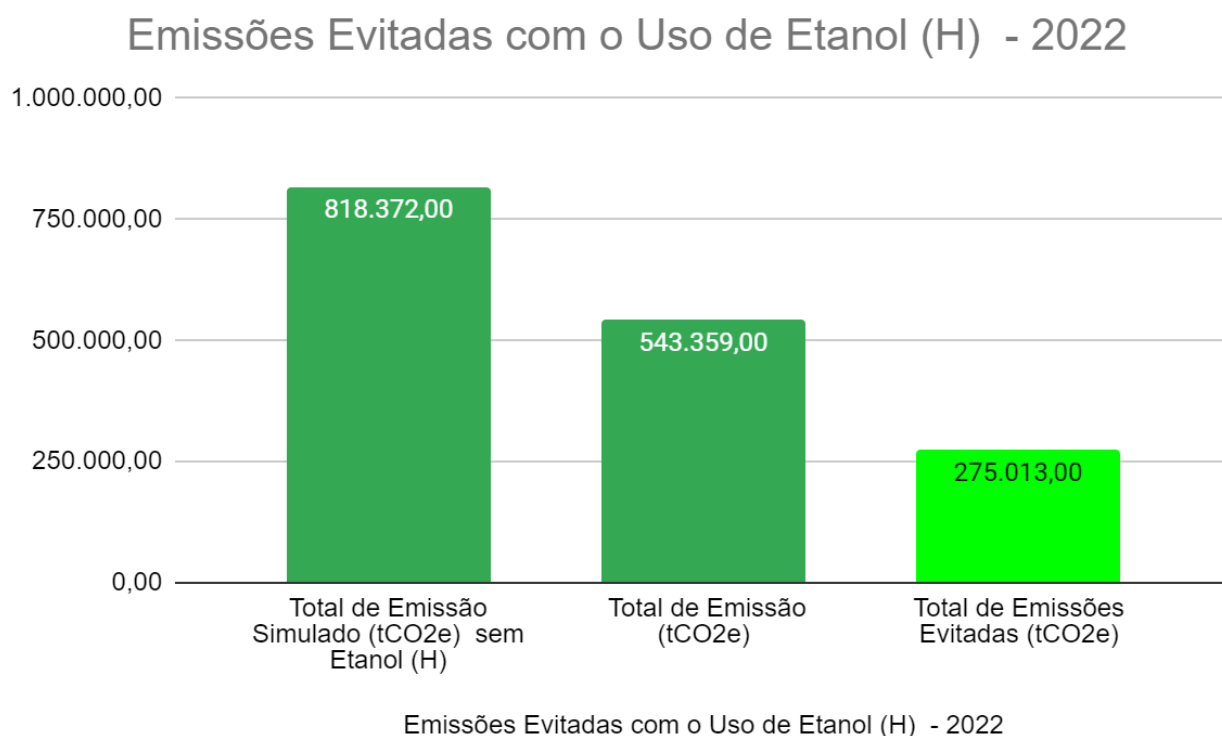


Figura 11. Emissões evitadas com o uso de combustíveis renováveis em 2021

Assim, podemos reconhecer que entre 2021 e 2022 foram evitadas um total de 568.711,00 tCO₂e com o uso dos etanol hidratado.

As emissões evitadas pelo uso de veículos elétricos em Campinas foram calculadas com base nas frotas oficiais (IBGE 2022) e de carros elétricos (NEO CHARGE 2023), considerando um consumo médio de combustível para fins de estimar as emissões evitadas por esses veículos.

Considerando que a frota total de veículos em Campinas que utilizam gasolina e/ou etanol (Moto + Automóvel + Camioneta) é de 815.286 e que as vendas desses combustíveis no território entre 2021 e 2022 conforme inventário são 524.273.934 L e 556.911.494 L respectivamente podemos entender que:

Média vendas de Combustíveis 2021 e 2022: **540.592.714 L**

Total da frota de veículos que utilizam gasolina e/ou etanol 2021 e 2022: **815.286**

Logo, temos um consumo **médio de 663,07 L por veículo/ano**

Com base nos dados de NEO CHARGE, 2003 verificamos que até 12/2023 foram emplacados no município **2.654 veículos** com tecnologias mais limpas, os Híbridos Plugin - (HP), Híbridos - (H) e Elétricos (E) sendo 746 (HP), 1170 (H) e 738 (E) unidades, respectivamente. Embora não seja possível verificar se esses veículos estão rodando no território de Campinas, podemos estimar que atualmente temos um potencial de redução na venda de combustíveis de até

663,07 L por ano por veículo, mas como dentre essas três tecnologias dois ainda utilizam combustíveis tradicionais como etanol ou gasolina, esses têm um consumo de aproximadamente 35% de um veículo tradicional a gasolina, assim temos:

Tipo de Veículo	Quantidades de veículos	% do consumo médio de gasolina do veículo tradicional	Consumo Gasolina (L) Ano/Médio	Total Consumo de Gasolina ano (L)	Potencial total de gasolina deixada de ser consumida (L)	Potencial de redução de tCO ₂ e/ano
Híbrido Plugin	746	0,35	232,07	173.128	321.523	541
Híbrido	1170	0,35	232,07	271.527	504.265	849
Elétrico	738	0	0	0	489.346	824
Total*	2.654	-	-	444.655	1.315.133	2.214

*Data base de referência 16/12/2023

Tabela 6. Carros elétricos

Assim, podemos entender que temos um potencial de emissões evitadas para os próximos anos superior a **2.214** tCO₂e/ano se mantivermos uma crescente venda de veículos com tecnologias mais limpas.

2.1.2. Ciclovias

Uma importante ação de mitigação dos GEE vinculados ao transporte é o incentivo de troca da utilização do transporte motorizado para a mobilidade ativa não motorizada, especificamente por meio do uso de bicicletas. Para efeito de cálculo da estimativa de mitigação, utilizou-se os indicadores realizados pelo Plano de Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) do município de Recife (2016), que estabelecem o parâmetro de 173,19 tCO₂e evitadas anualmente para cada Km de ciclovia, ciclofaixa e ciclorrota implantada. Considerando que 20% de novas viagens de bicicleta teriam sido efetuadas de carro, 10% de moto e 70% de ônibus, conforme metodologia TEEMP¹ utilizada no referido plano.

O município de Campinas, através de seu Plano Cicloviário vem implantando anualmente ciclovias, ciclofaixas e ciclorrotas que apresentam um potencial de mitigação, conforme a Tabela 7.

¹ Metodologia citada no Plano de Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) do município de Recife (2016) foi desenvolvida pela Clean Air Initiative for Asian Cities (CAI-Asia) e pelo Institute for Transportation and Development Policy (ITDP) para avaliar os impactos das emissões dos projectos de transporte do Banco Asiático de Desenvolvimento (ADB), conforme link: <https://globalclimateactionpartnership.org/resource/the-transport-emissions-evaluation-models-for-projects/>

Tabela 7: Ciclovias de Campinas

Ano	Km de Ciclovias	Impacto (tCO ₂ e)
2021	68,2	11.811,56
2022	86,9	15.050,21
2023	114,0	19.743,66
Total		46.605,43

Fonte: EMDEC: Empresa Municipal de Desenvolvimento de Campinas

Importante pontuar que o cálculo desta referida ação utilizou critérios definidos para o município de Recife, sendo necessário a utilização da metodologia TEEMP ou equivalente de maneira específica para o município de Campinas.

2.2. Redução das emissões no setor de Energia Estacionária

2.2.1. Potencial de Energia Fotovoltaica Instalada até 2023

Campinas possui registrado no banco de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) um total de 9.455 micro geradoras de sistema fotovoltaico instalados, considerando os setores de comércio, residências, indústrias e instituições públicas. A potência total consultada em 2023 era de 76.375 KW. A produção anual média de um sistema solar fotovoltaico pode variar dependendo dos fatores locais e regionais como: radiação solar, inclinação, orientação, dentre outros. Dessa forma, temos:

Energia anual = **76.375 KW X 4,2** hora de luz útil do dia X **365** (dias do ano) = **117.084.300** kWh

Portanto, uma potência instalada de **76.375 kW** de placas solares em Campinas, pode gerar aproximadamente **117.084.300 kWh** de energia elétrica em um ano.

É importante notar que esses cálculos **são apenas estimativas e a produção real pode variar ao longo do ano**, devido às variações climáticas e outros fatores. Considerando que os sistemas solares são injetados na rede no Sistema Integrado Nacional - SIN e todos os usuários consomem essa energia renovável gerada no município, entendemos que é uma aproximação pertinente. Logo temos na tabela 8, 9 e 10 uma estimativa do potencial atual de redução de emissão de tCO₂e na geração de energia elétrica.

Tabela 8. Estimativa do potencial atual de energia fotovoltaica

Horas Luz Disponível dia	Potencial Instalado KW	Potencial Gerado no Ano Mwh	Fator de emissão SIN - 2021	Potencial de tCO ₂ e evitadas com Energia Fotovoltaica Gerada em Campinas - SP considerando fatores de 2021
4,2	76375	117.082,88	0,1264	14.799*

*Para estimar o potencial de tCO₂e evitado foi utilizado o fator de emissão na geração de energia elétrica no Sistema Integrado Nacional - SIN de 2021.

Tabela 9. Potencial de redução tCO₂e na geração de energia fotovoltaica.

Representação Percentual do Potencial de Redução de Emissão de tCO ₂ e com a Geração de Energia Fotovoltaica por Setor			
Setor	tCO ₂ e emissão 2021	% de Emissão por Setor	% Potencial de Emissões Evitadas em tCO ₂ e por ano
Residencial	148.448	36,09%	9,97%
Comercial e Institucional	170.369	41,42%	8,69%
Industrial	76.103	18,50%	19,45%
Indústria de Energia	1.165	0,28%	1270,30%
Agricultura	15.228	3,70%	97,18%
Total	411.313	100,00%	3,60%

Tabela 10. Maiores Geradores de Energia Fotovoltaica

Maiores Geradores	Unidade Geradora	Modalidade	Tipo	Potência Instalada KW
1	TELEFÔNICA BRASIL SA	Caracterizada como Autoconsumo remoto	Minigeração	3.885,00
2	REDE MUNICIPAL DR. MÁRIO GATTI DE URGÊNCIA, EMERGÊNCIA HOSPITALAR	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	520,00
3	REDE MUNICIPAL DR. MÁRIO GATTI DE URGÊNCIA, EMERGÊNCIA HOSPITALAR	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	300,00
4	SOCIEDADE CAMPINEIRA DE EDUCAÇÃO E INSTRUÇÃO	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	281,00
5	ESCOLA AMERICANA DE CAMPINAS	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	272,00
6	CONGREGACAO DE SANTA CRUZ	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	260,00
7	ALPHALAND REAL ESTATE ADMINISTRACAO DE BENS LTDA	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	242,35
8	BRINK"S SEGURADORA E TRANSPORTES DE VALORES LTDA	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	185,00
9	AGROSALLES COMÉRCIO DE SEMENTES LTDA	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	130,00
10	BRES VIRACOPOS EMPREENDIMENTOS IMOBILIARIOS LTDA	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	130,00
11	COMÉRCIO DE FRUTAS - W MAGARIO LTDA	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	120,00
12	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA EMBRA	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	110,00
13	MATERNIDADE DE CAMPINAS	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	100,00
14	PRIN S/A	Com Microgeração ou Minigeração distribuída	Minigeração	81,00
	Total	-	-	6.616,35

2.3. Redução das emissões no setor de Resíduos

2.3.1. Usina Verde de Compostagem

A Usina Verde de Compostagem entrou em operação no final de 2020, operando em 2021 em fases de testes. Assim, com base nos dados levantados e estimados foi possível observar o potencial de redução de CO₂e desse empreendimento, pois o lodo proveniente do tratamento de esgoto e os resíduos de podas que eram destinados ao aterro sanitário agora possuem uma destinação mais adequada e a atual produção estimada para 2023 é de aproximadamente 45 mil toneladas de resíduos.

Com base na tabela 11 verificamos as destinações de lodo e podas enviadas à Usina Verde.

Tabela 11. Destinação dos Resíduos para Usina Verde de Compostagem

Toneladas de Resíduos destinados na Usina Verde para compostagem			
Tipo de resíduos	2021	2022	2023*
Lodo Tratamento Esgoto	6.844	9.660	12.461
Resíduos de Jardins e Parques oriundos de podas e cortes de árvores	6.190	6.190	32.539
Total	13.034	15.850	45.000

*Estimativas com base na produção diária atual da Usina Verde

Na tabela 12 efetuamos simulações para as emissões de CO₂e com e sem a operação da Usina Verde, utilizando a ferramenta GHG Protocol disponibilizada pela FGV EAESP. Deste modo, encontramos um potencial de redução de 36.968 tCO₂e deixando de ser emitido nesses anos, sendo que em 2023 foi necessário estimar o volume total enviado ao aterro sanitário, uma vez que, esse dado ainda não está disponível.

Tabela 12. Simulação das Emissões evitadas pela Operação da Usina Verde

Emissão do Aterro Sanitário Com e Sem a Operação da Usina Verde			
Destinação dos Resíduos	2021	2022	2023*
	tCO ₂ e		
Com a operação da Usina Verde	146.822	135.541	134.812,84
Sem Operação da Usina Verde	152.629	142.246	159.269
Redução de Emissão	5.807	6.705	24.456
Total	36.968		

*Para 2023 foram estimados os volumes totais destinados ao aterro sanitário e a Usina Verde

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste inventário foi possível sistematizar a evolução das emissões de CO₂e em Campinas - SP e os principais setores responsáveis por essas emissões. De posse dessas informações o Município agora possui um ponto de partida fundamental para buscar de forma planejada o processo de descarbonização e o cumprimento das metas e acordos assinados.

Buscou realizar um exercício de apontamento das principais ações que já ocorrem no município e que já contribuem para a redução das emissões de CO₂e, assim foi possível materializar os possíveis impactos que essas ações já promovem e também gerar informações que subsidiem tomadas de decisões quanto aos impactos que cada ação pode causar no processo de descarbonização.

Após o desenvolvimento do inventário de emissões de GEE e levantamento de algumas ações com potenciais de redução de emissões de CO₂e, o passo seguinte será a construção de cenários de emissões futuras até o ano de 2050, bem como a proposição de metas e ações para atingir a neutralidade dessas emissões.

Anexo 1 – Resultados dos Inventários de GEE (anos-base 2019 e 2021)

Setor	Sub-setor	GPC nº de ref.	Atividade/ Precursor	2019	2021	
				(em tCO _{2e})		
Energia Estacionária	Edifícios residenciais	I.1.1	Gás Natural	13.725	17.551	
		I.1.1	GLP	198.477	198.403	
		I.1.2	Eletricidade	86.059	148.448	
		I.1	Total	298.261	364.403	
	Edifícios instalações comerciais institucionais	I.2.1	Gás Natural	14.242	9.944	
		I.2.1	GLP	45.412	43.935	
		I.2.2	Eletricidade	110.755	170369	
		I.2	Total	170.409	224.248	
	Indústrias transformadoras e construção civil	I.3.1	Gás Natural	53.764	57.901	
		I.3.1	GLP	19.236	24.472	
		I.3.2	Eletricidade	45.452	76.103	
		I.3	Total	118.452	158.477	
	Indústria de energia	I.4.1	Gás Natural	4.435	2.530	
		I.4.2	Eletricidade	729	1.165	
		I.4	Total	5.164	3.694	
	Agricultura, silvicultura pesca	I.5.1	GLP	74	120	
		I.5.2	Eletricidade	5.703	15.228	
		I.5	Total	5.777	15.348	
Transportes	Transporte rodoviário	II.1.1	Gasolina Pura	433.017	457.521	
		II.1.1	Diesel Puro	470.644	445.064	
		II.1.1	GNV	7.743	7.671	
		II.1.1	Etanol Hidratado	5.238	3.493	
		II.1.1	Etanol Anidro	571	606	
		II.1.1	Biodiesel	48.372	56.139	
		II.1	Total	965.585	970.493	
	Transporte aéreo	II.4.1	Querosene de aviação	1.012.513	1.166.028	
		II.4.1	Gasolina de aviação	417	505	
		II.4	Total	1.012.930	1.166.533	
	Resíduos	Resíduos sólidos urbanos	III.1.3	Resíduos sólidos Municipais	174.713	146.707
		Tratamento de Efluentes	III.4.1	Todo tratamento de efluentes	467.910	469.036

Setor	Sub-setor	GPC nº de ref.	Atividade/ Precursor	2019	2021	
				(em tCO _{2e})		
Agricultura, Floresta e Uso da Terra (AFOLU)	Rebanhos	V.1.1	Fermentação Entérica Gado Bovino	33.579	27.221	
		V.1.1	Manejo Dejeito Gado Bovino	714	579	
		V.1.1	Fermentação Entérica Búfalo	52	52	
		V.1.1	Manejo Dejeito Búfalo	1	1	
		V.1.1	Fermentação Entérica Cavalo	786	786	
		V.1.1	Manejo Dejeito Cavalo	70	70	
		V.1.1	Fermentação Entérica Porco	28	27	
		V.1.1	Manejo Dejeito Porco	28	27	
		V.1.1	Fermentação Entérica Cabra	28	28	
		V.1.1	Manejo Dejeito Cabra	1	1	
		V.1.1	Fermentação Entérica Ovelha	140	140	
		V.1.1	Manejo Dejeito Ovelha	4	4	
		V.1.1	Manejo Dejeito Aves	126	126	
		V.1	Total	35.557	29.062	
		Mudança do uso da terra	V.2.1	Supressão Vegetação Primária - FES	18.225	12.665
	V.2.1		Supressão Vegetação Secundária - FES	1.596	1.025	
	V.2		Total	19.821	13.690	
	Emissões agregadas e outras de não CO2	V.3	Total	-	-	
	Total				3.274.580	3.561.690