



## **Prefeitura da cidade de Sorocaba**

### **Plano de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)**

Sorocaba, 14/04/2016

1



## **ICLEI BRASIL – GOVERNOS LOCAIS PELA SUSTENTABILIDADE**

Pedro Roberto Jacobi  
**Diretor Presidente**

Igor Reis de Albuquerque  
**Gerente de Mudanças Climáticas**

Ghislain François Frédéric Favé  
**Consultor Associado**

## **SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE SOROCABA**

Clebson Aparecido Ribeiro  
**Secretário de Meio Ambiente**

Sara Regina Amorim  
**Diretora do Comitê Gestor do projeto Urban LEDS**

## Sumário

I.	Introdução .....	5
II.	O perfil de emissões de Sorocaba .....	6
A.	Inventário 2012 .....	6
1.	Metodologia .....	6
2.	Resultado global .....	7
3.	Resultados por setor .....	8
B.	Cenário de emissões até 2030 .....	10
III.	Plano de baixo carbono .....	13
A.	Transporte e Mobilidade Urbana .....	13
1.	BRT Leste-Oeste e Norte-Sul .....	13
2.	Ampliação da rede ciclovária .....	13
3.	Sistema Integrabike .....	14
4.	Substituição da gasolina por etanol .....	14
5.	Desenvolvimento Orientado pelo Transporte .....	15
6.	Outras estratégias contempladas pelo PDTUM .....	15
B.	Resíduos .....	16
1.	Redução da disposição de resíduos orgânicos em aterros .....	16
2.	Reciclagem .....	17
C.	Energia e uso da terra .....	18
1.	Iluminação LED .....	18
2.	Plano de arborização .....	19
3.	Microgeração solar .....	20
D.	Consolidação das ações .....	21
IV.	Sugestão de metas de mitigação .....	24
V.	Conclusão .....	25
VI.	Referências .....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Emissões de GEE por setor (tCO <sub>2</sub> e) .....	7
Figura 2. Emissões do setor de energia estacionária (tCO <sub>2</sub> e) .....	9
Figura 3. Emissões do setor de transporte (tCO <sub>2</sub> e) .....	9
Figura 4. Emissões do setor de resíduos (tCO <sub>2</sub> e) .....	10
Figura 5. Evolução das emissões de GEE por setor em tCO <sub>2</sub> e .....	12
Figura 6. Cenário de Referência .....	12
Figura 7. Potencial de mitigação das estratégias de baixo carbono em tCO <sub>2</sub> e .....	21
Figura 8. Impacto total no período 2012-2030 das estratégias de mitigação em tCO <sub>2</sub> e .....	21
Figura 9. Impacto de mitigação por setor em relação ao Cenário de Referência .....	22
Figura 10. Potencial global de mitigação das emissões de GEE .....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Emissões de GEE detalhadas por setor, subsetor e fonte de emissão (tCO <sub>2</sub> e) .....	8
Tabela 2. Cronograma do plano de arborização .....	19

## I. Introdução

Em dezembro de 2015, na COP21, os países membros da CQNUMC ratificaram o Acordo de Paris, assumindo o compromisso de manter o aquecimento do planeta abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais, e em direção a 1,5°C. Para atingir esse objetivo, os governos comprometem-se em reduzir suas emissões de GEE. A INDC<sup>1</sup> – Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada, apresentada pelo Brasil, visa à redução das emissões de GEE em 37% abaixo dos níveis de 2005 no ano 2025 e em 43% abaixo dos níveis de 2005 no ano 2030. Além disso, o país vai aumentar a participação das fontes renováveis na matriz energética.

O engajamento dos governos locais e a articulação de políticas sobre mudanças climáticas por parte dos estados e municípios são necessários a fim de atingir esse objetivo nacional. Recentes eventos climáticos extremos, como as fortes chuvas que ocorreram em Sorocaba nos dias 10 e 11 de março de 2016, ocasionando grande prejuízo, nos lembram da urgência em enfrentar esse desafio global.

Neste intuito, a cidade de Sorocaba participa desde o ano de 2013 do projeto Urban LEDS. Implementado pelo ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade e a ONU-Habitat, e financiado pela Comissão Europeia, o projeto acompanha cidades em países de economia emergente na sua transição para uma economia de baixo carbono. Além do apoio técnico do ICLEI, a cidade de Sorocaba se beneficiou do intercâmbio com outros municípios participantes da iniciativa, por meio da transferência de conhecimento técnico, tecnologias e inovação. Como primeiro passo no enfrentamento das mudanças climáticas, foi desenvolvido o primeiro inventário de emissões de GEE, diagnóstico necessário para a identificação dos principais setores emissores. Um plano de ação até 2030 foi traçado pelo Comitê Gestor do Projeto Urban LEDS para mitigar as emissões de GEE da cidade.

O presente relatório apresenta os resultados do inventário de emissões de GEE de Sorocaba, as estratégias de mitigação escolhidas e uma estimativa dos seus impactos, e sugere metas de mitigação até 2030. Os resultados aqui apresentados devem subsidiar tecnicamente a elaboração da Política Municipal sobre Mudanças Climáticas.

---

<sup>1</sup> Disponível em: [http://www.itamaraty.gov.br/images/ed\\_desenvsust/BRASIL-INDC-portugues.pdf](http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-INDC-portugues.pdf)

## II. O perfil de emissões de Sorocaba

### A. Inventário 2012

#### 1. Metodologia

##### A metodologia GPC e os tipos de reporte

A metodologia GPC - *Global Protocol for Community-Scale* foi elaborada por três organizações reconhecidas por suas experiências com cidades e sustentabilidades: ICLEI, C-40 e WRI. Atualmente, é a metodologia de referência para a contabilização de emissões de GEE em cidades.

O GPC propõe duas formas de reporte das emissões de GEE:

Por escopo:

- Escopo 1: emissões dentro do limite geográfico do município;
- Escopo 2: emissões provenientes do consumo de energia elétrica da rede nacional;
- Escopo 3: emissões que acontecem fora dos limites do município, entretanto, são consequências das atividades do município.

Por setores de atividades:

- BASIC: abrange as fontes de emissões dos escopos 1 e 2 dos setores de energia estacionária e de transportes, assim como as emissões dos três escopos do setor de resíduos.
- BASIC+: além das emissões reportadas no BASIC, abrange as emissões dos setores de processos industriais e de agricultura, floresta e uso do solo.

Nos dois casos, as emissões de carbono biogênico são reportadas separadamente. Esses fluxos são considerados neutros em termo de impacto, de acordo com as premissas do IPCC.

O presente relatório apresenta o inventário realizado de acordo com os requisitos do reporte BASIC. O ano base considerado é o ano 2012.

### Gases de GEE quantificados

Foram contabilizadas as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e metano (CH<sub>4</sub>). A contabilização das emissões foi realizada para cada tipo de GEE e convertida em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tCO<sub>2</sub>e) de acordo com os potenciais de aquecimento global apresentados abaixo:

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) = 1 CO<sub>2</sub>e

Metano (CH<sub>4</sub>) = 25 CO<sub>2</sub>e

Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) = 298 CO<sub>2</sub>e

### Limitações

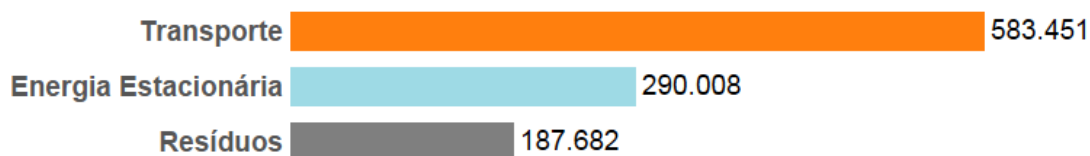
As emissões do setor de agricultura não foram consideradas no presente inventário. Em estimativa realizada para o município no período de 2002 a 2012, o setor representava 2,30% do total de emissões e é, portanto, de pouca relevância.

Devido à presença de grande grupos e pólos industriais no município, o setor de processos industriais tem impacto importante nas emissões da cidade de Sorocaba, contudo não foram coletados dados necessários à inclusão desse setor no inventário.

## 2. Resultado global

Considerando o reporte BASIC, em 2012, a cidade de Sorocaba emitiu 1.061.141 tCO<sub>2</sub>e. Deste total, o setor de transporte foi responsável pela emissão de 583.451 tCO<sub>2</sub>e (55%), o setor de energia estacionária 290.008 tCO<sub>2</sub>e (27%) e o setor de resíduos 187.682 tCO<sub>2</sub>e (18%). Esses resultados são apresentados na figura 1. As emissões biogênicas totalizam 197.935 tCO<sub>2</sub>e.

**Figura 1. Emissões de GEE por setor (tCO<sub>2</sub>e)**



A tabela 1 apresenta os resultados detalhados por setores do reporte BASIC, subsetor e fonte de emissão. As fontes de maior relevância são destacadas: o uso de gasolina e diesel no transporte terrestre apresentam o maior impacto.

**Tabela 1. Emissões de GEE detalhadas por setor, subsetor e fonte de emissão (tCO<sub>2</sub>e)**

Setor	Subsetor	Categoria	Fonte	
Energia Estacionária	Agricultura	energia elétrica do SIN	Energia	278
		combustíveis	Gás natural	181
	Edifícios comerciais e institucionais	energia elétrica do SIN	Óleo diesel	2.978
			GLP	17.906
			Serviço público	8.886
			Comercial	22.328
	Edifícios residenciais	combustíveis	Gás natural	271
			GLP	89.465
		energia elétrica do SIN	Energia	38.294
	Indústrias de manufatura e construção	combustíveis	Óleo Combustível	6.194
			Gás natural	8.593
			Óleo diesel	20.523
			GLP	10.216
		energia elétrica do SIN	Energia	63.895
Resíduos	Incineração	Gerados e tratados na cidade	RSS	5
	Resíduos sólidos	Gerados na cidade, mas dispostos em aterros sanitários fora do limite da cidade	Resíduos Poda	525
			Resíduos Limpeza Urbana	2.792
			Resíduos Domiciliares	105.431
	Tratamento de efluentes	Geração e tratamento de eflu..	Efluentes	78.929
Transporte	Aéreo	Emissões dos trajetos transfronteiriços	Gasolina de aviação	1.006
			Querosene de aviação	1.444
	Terrestre	combustíveis	Etanol hidratado comum	1.157
			GNV	1.228
			Diesel comum	237.292
			Gasolina A Comum	341.323

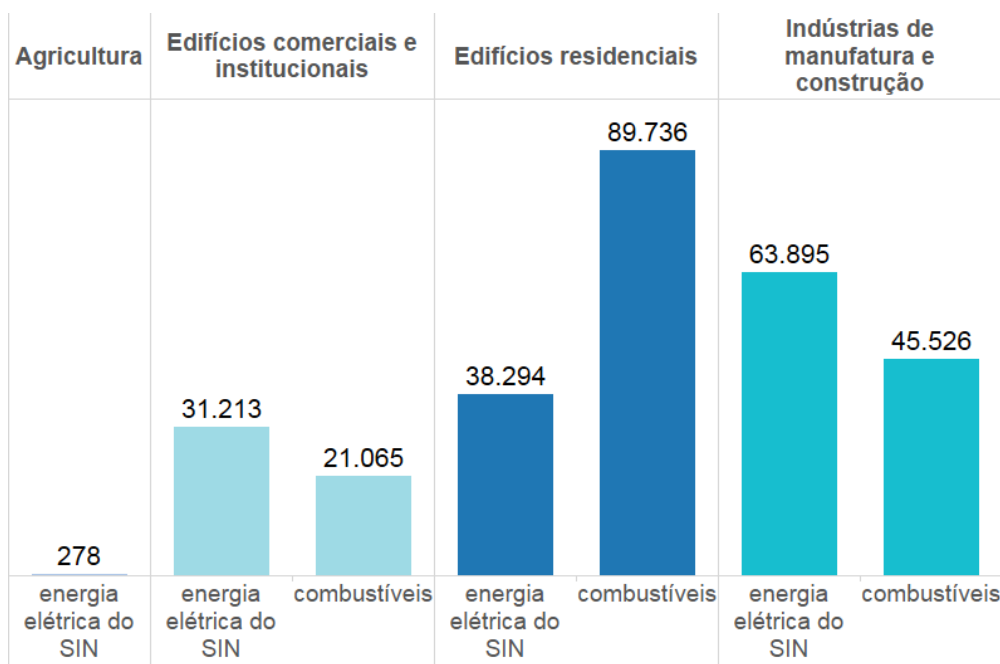
### 3. Resultados por setor

#### Energia estacionária

O setor é responsável pela emissão de 290.008 tCO<sub>2</sub>e, o que representa 27% das emissões do município. Deste total, 40% são provenientes de edifícios residenciais, 18% de edifícios comerciais e 42% da indústria. As emissões das atividades agrícolas não são significativas (figura 2).



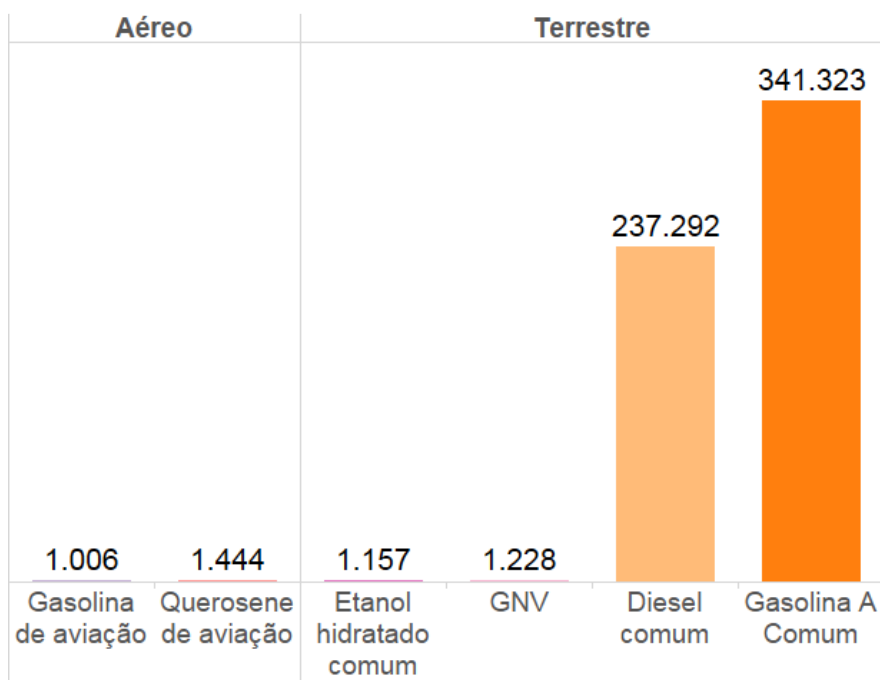
**Figura 2. Emissões do setor de energia estacionária (tCO<sub>2</sub>e)**



## Transporte

O setor de transporte é responsável pela emissão de 583.451 tCO<sub>2</sub>e, o que representa 55% das emissões de GEE da cidade. Conforme figura 3, o setor aéreo tem pouca relevância. Com 341.323 tCO<sub>2</sub>e, o uso de gasolina representa 58% das emissões do setor.

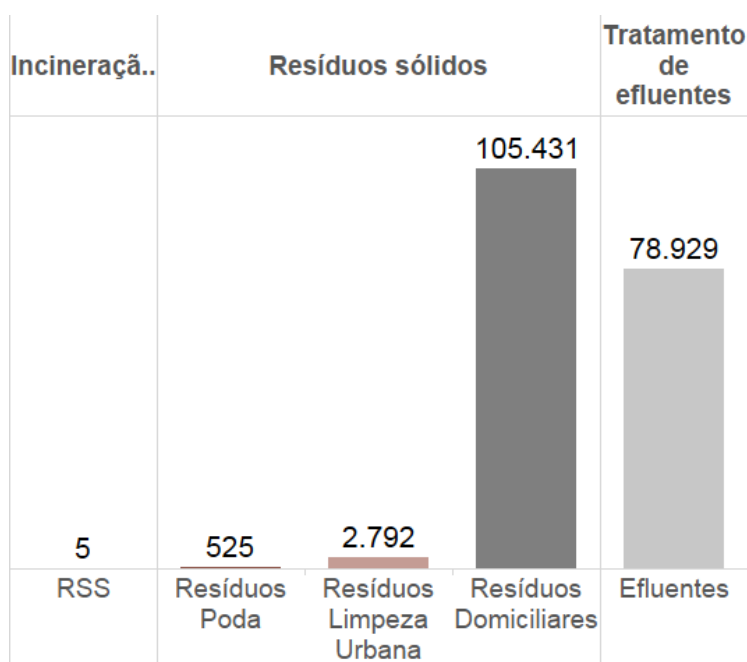
**Figura 3. Emissões do setor de transporte (tCO<sub>2</sub>e)**



## Resíduos

O setor de resíduos emitiu 187.682 tCO<sub>2</sub>e em 2012. O tratamento de resíduos sólidos representa 56% das emissões do setor com 105.431 tCO<sub>2</sub>e. O restante das emissões é decorrente do tratamento de efluentes líquidos, a incineração dos resíduos de saúde e a disposição de resíduos de poda e de limpeza urbana tendo pouco relevância (figura 4). Os resíduos da cidade de Sorocaba são destinados ao aterro sanitário de Iperó, que conta com sistema de captação e queima de biogás, o que explica a contribuição moderada do setor nas emissões da cidade.

**Figura 4. Emissões do setor de resíduos (tCO<sub>2</sub>e)**



## B. Cenário de emissões até 2030

Os cenários de referência foram elaborados até o ano de 2030 para os setores de Transporte, Energia e Resíduos. Os crescimentos populacionais e econômicos são os principais vetores do aumento das emissões de GEE. Para estimar a população da cidade de Sorocaba em 2030, foram consideradas as taxas anuais de crescimento populacional do estado de São Paulo informadas pelo IBGE<sup>2</sup>. Assim, a população da cidade de Sorocaba pode ser estimada em 672.085 habitantes no ano 2030, o que representa um crescimento médio de 11% entre 2012 e 2030.

<sup>2</sup> <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>

O Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) apresenta quatro cenários de crescimento da economia brasileira até 2030: os cenários A, B1, B2 e C com taxas anuais de crescimento do PIB de 5,1%, 4,1%, 3,2% e 2,2%, respectivamente (Plano Nacional de Energia 2030). Na presente análise, foi escolhido um crescimento médio de 3,65% ao ano, média aritmética dos quatro cenários. Essa taxa de crescimento foi adotada para determinar a progressão da demanda por gás, óleo combustível e GLP no setor de energia estacionária.

As projeções do consumo de eletricidade por setor foram determinadas de acordo com as taxas de crescimento informadas pelo PNE 2030: 5% ao ano para o setor residencial, 3,7% ao ano para o setor industrial, 4,6% ao ano para o setor comercial e 3,3% para a iluminação pública.

Para os anos 2013, 2014 e 2015, foi adotado o fator de emissão do SIN - Sistema Interligado Nacional, divulgado pelo Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação – MCTI<sup>3</sup>. A partir de 2016, o fator foi considerado constante com valor de 0,09 tCO<sub>2</sub>/MWh (média aritmética do fator de emissão no período de cinco anos entre 2010 e 2015).

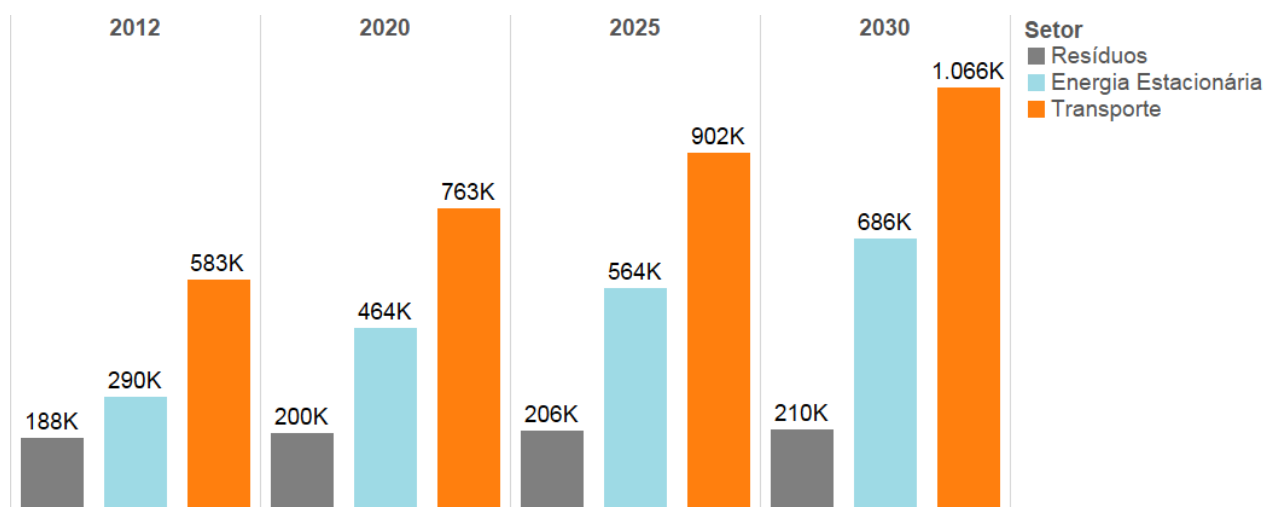
Para avaliar as emissões do setor de transporte aéreo, adotou-se um crescimento de 5% ao ano do consumo de combustíveis, em adequação com os dados do relatório Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil (McKinsey & Company, 2010<sup>4</sup>). O “Estudo de baixo carbono para o Brasil” (Banco Mundial, 2010) informa um crescimento de 3,4% ao ano do consumo de combustíveis no setor de transporte terrestre e esse parâmetro foi adotado como referência para cálculo das emissões do setor até 2030.

Adotando esses parâmetros de cálculo, as emissões do setor de energia estacionária atingirão em 2030 um total de 686 ktCO<sub>2</sub>e, aumentando em 136% em relação ao ano base 2012. As emissões do setor de transporte podem ser estimadas em 1.066 mktCO<sub>2</sub>e para o ano 2030, representando um aumento de 83% em relação ao ano 2012. Para quantificar as emissões futuras do setor de resíduos, foi estimado que as emissões do setor acompanham o crescimento demográfico, atingindo 210 ktCO<sub>2</sub>e no ano de 2030 (+12%). Esses resultados são apresentados na Figura 5.

<sup>3</sup> Disponível em <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>

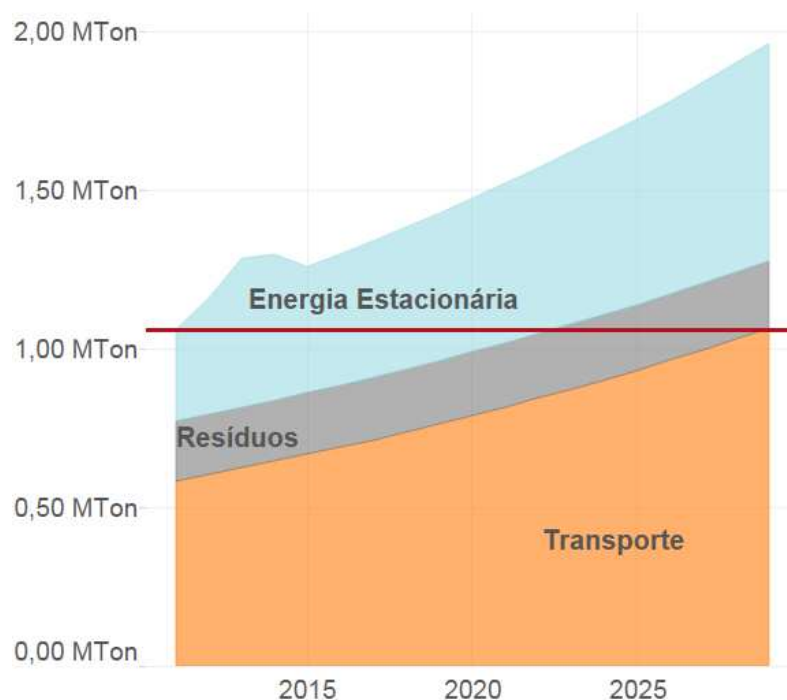
<sup>4</sup> Disponível em [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/chamada3/sumario\\_executivo.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/pesquisa/chamada3/sumario_executivo.pdf)

**Figura 5. Evolução das emissões de GEE por setor em tCO<sub>2</sub>e**



Os resultados consolidados do Cenário de Referência 2030 podem ser visualizados na Figura 6, representando a evolução das emissões até o ano de 2030 na ausência de ações de mitigação. Nesse cenário, as emissões de GEE da cidade de Sorocaba aumentarão em 85% em comparação ao ano base de 2012, passando de 1,1 milhão de tCO<sub>2</sub>e para 1,96 milhão de tCO<sub>2</sub>e em 2030.

**Figura 6. Cenário de Referência**



### III. Plano de baixo carbono

#### A. Transporte e Mobilidade Urbana

##### 1. BRT Leste-Oeste e Norte-Sul

###### Estratégia

O projeto contemplado pelo município compreende a implantação em 2017 de 40,8 km de corredores de BRT e faixas exclusivas, interligando as regiões Norte-Sul e Leste-Oeste. Serão construídas 51 estações nos corredores de BRT e aproximadamente 65 abrigos em pontos de parada de ônibus, nas faixas exclusivas. Para melhorar a integração com outros modais, bicicletários e estações do Sistema Integrabike serão instalados próximo às estações.

###### Estimativo de mitigação

O impacto nas emissões de GEE foi estimado com a ferramenta TEEMP City Sketch Analysis<sup>5</sup>. Essa ferramenta de cálculo foi elaborada por Clean Air Asia, o ITDP, e o Banco Asiático de Desenvolvimento, entre outros, e é utilizada para quantificar as reduções de emissões de GEE pelo GEF - *Global Environment Facility*. De acordo com essa estimativa, cada quilômetro de linha de BRT pode evitar a emissão de 2.500 tCO<sub>2</sub>e ao ano. O impacto total anual do sistema de BRT pode ser avaliado em 101.750 tCO<sub>2</sub>e ao ano.

##### 2. Ampliação da rede cicloviária

###### Estratégia

A cidade de Sorocaba conta atualmente com uma rede cicloviária de 124 km. Até o final de 2016, estão programados para construção mais 13,75 km de ciclovias: 3400 m na Av. São Paulo, 1200 m na Av. Nogueira Padilha, 2250 m na Av. Vinicius de Moraes, 1700 m na Av. Gualberto Moreira e 5200 m na Av. Independência. O PDTUM - Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade prevê a construção de mais 98 km de ciclovias e ciclofaixas até 2027.

A implantação desses novos trechos estimulará o uso da bicicleta como modo de transporte, reduzindo os congestionamentos e melhorando a qualidade do ar. Esses investimentos em infraestrutura são necessários mas não suficientes para incentivar o uso dos modos ativos. Hoje, de acordo com o PDTUM, as viagens de bicicleta representam apenas 1% do total das viagens apesar da malha existente. A insegurança no trânsito foi apontada pelos ciclistas como o maior obstáculo ao crescimento dessa modalidade<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Disponível em <http://cleanairasia.org/transport-emissions-evaluation-model-for-projects-teemp/>

<sup>6</sup> Pesquisa de Imagem - PDTUM

### Estimativa de mitigação

Com base nos dados da URBES, uma estimativa dos impactos nas emissões foi realizada com a ferramenta TEEMP BikewaysSketchAnalysis<sup>7</sup>. Considerando que 20% das novas viagens de bicicleta teriam sido efetuadas de carro, 10% de moto e 70% de ônibus (parâmetros padrão do TEEMP), adotou-se o parâmetro de 173,19 tCO<sub>2</sub>e evitadas anualmente para cada quilômetro de ciclovias ou ciclofaixa. Dessa forma, os impactos foram avaliados em 22.991 tCO<sub>2</sub>e ao ano.

## 3. Sistema Integrabike

### Estratégia

O sistema de bicicletas compartilhadas Integrabike conta atualmente com 152 bicicletas para uso totalmente gratuito distribuídas em 19 estações posicionadas de forma a facilitar a integração com o transporte coletivo (<https://www.urbes.com.br/integrabike>). Em abril de 2016, o sistema será ampliado com 48 novas bicicletas e mais 6 estações. De acordo com os dados da URBES, hoje são realizados em média 330 viagens por dia e a previsão é que a partir de abril esse número ultrapasse 400. A URBES ainda registra que 34% dessas viagens médias diárias do sistema de bicicletas também completam o deslocamento multimodal com o transporte coletivo.

### Estimativa de mitigação

O impacto do Integrabike nas emissões de GEE foi estimado com a metodologia TEEMP – Bike Share Projects. Considerando que a viagem média é de 7,5km (dado fornecido pela URBES), o impacto das 48 bicicletas adicionais pode ser quantificado em 7 tCO<sub>2</sub>e ao ano.

## 4. Substituição da gasolina por etanol

### Estratégia

Em 2012, foram consumidos 180.330.640 litros de gasolina e 120.520.105 litros de etanol no setor de transporte terrestre, o etanol representando 40% do volume consumido. De acordo com o PNE 2030, essa divisão de consumo entre etanol e gasolina deverá alcançar em 2030 as proporções de 53% de etanol e 47% de gasolina (em toneladas equivalentes de petróleo). Considerando que o etanol tem um poder calorífico por unidade de volume equivalente a 70% daquele da gasolina, o volume de etanol consumido representará 61% do volume de combustíveis em 2030, resultando em uma redução considerável das emissões do setor. O município pode ter um papel determinante no sucesso dessa medida com a adoção de campanhas educativas. O PDTUM da cidade de Sorocaba salienta assim que “a Prefeitura de Sorocaba deverá atuar como agente de pressão junto às empresas e ao Governo Federal para a melhoria dos combustíveis e da tecnologia dos motores”.

<sup>7</sup> Disponível em <http://cleanairasia.org/transport-emissions-evaluation-model-for-projects-teemp/>

### Estimativa de mitigação

Essa estratégia possui importante potencial de mitigação. Para o ano de 2030, essa ação reduziria em 217.670 tCO<sub>2</sub>e as emissões de GEE do setor de transporte.

## 5. Desenvolvimento Orientado pelo Transporte

### Estratégia

O Transit Oriented Development (TOD) – Desenvolvimento Orientado pelo Transporte é uma das estratégias mais eficazes para reduzir a demanda por transporte individual motorizado e promover a urbanização sustentável. Ligando o planejamento do uso do solo com o de transporte, o TOD busca o desenvolvimento urbano ao longo das linhas de transporte público de massa e em torno de suas estações. Aumentando a densidade em torno dos eixos de transporte público, o TOD maximiza o acesso ao sistema de transporte.

Em Sorocaba, o TOD é previsto pelo PDTUM, que justifica a necessidade de sua implementação pela atual “falta de integração do planejamento do uso do solo com transporte”. A previsão é de um adensamento ao longo dos futuros corredores de BRT, em faixas de 600 m dos dois lados das linhas de transporte. Assim, nas regiões próximas à área de influência dos corredores de BRT, a taxa de crescimento demográfico deverá ser maior que a taxa média de Sorocaba.

### Estimativa de mitigação

O TOD é a estratégia mais eficiente para reduzir o uso do automóvel e estimular os modos ativos: de acordo com um relatório de 2010 do Departamento de Transportes dos Estados Unidos, o TOD e o aumento da densidade em bairros mais caminháveis resultaria em 2030 em uma redução de 84 milhões de tCO<sub>2</sub>e ao ano a partir de 2030<sup>8</sup> nos Estados Unidos.

## 6. Outras estratégias contempladas pelo PDTUM

Uma das diretrizes do PDTUM da cidade de Sorocaba é de estabilizar as emissões de GEE do setor de transporte. Além das estratégias descritas acima e cujos potenciais de mitigação foram estimados, outras ações previstas no PDTUM permitirão alcançar esse objetivo. Algumas delas estão listadas a seguir. Seus impactos nas emissões não puderam ser quantificados por falta de dados ou de metodologia adequada.

---

<sup>8</sup> Transportation’s Role in Reducing US Greenhouse Gas Emissions, Report to Congress, US Department of Transportation, Abril 2010.



### Plano de calçadas

O plano de calçadas visa a padronizar e melhorar as calçadas do município. Esse plano prevê a melhoria da segurança para o pedestre, fundamental para incentivar os deslocamentos não motorizados. O plano contempla a requalificação das calçadas, a ampliação da sinalização e da acessibilidade, a fiscalização e o gerenciamento das calçadas.

### Gerenciamento de Estacionamento

A restrição de estacionamento por meio da retirada de vagas ou por meio de uma nova tarifação constitui uma das medidas mais eficazes para desestimular o uso do automóvel. O PDTUM da cidade de Sorocaba prevê a proibição de estacionamentos nos trechos do futuro BRT e nos trechos com maiores fluxos de pedestres. Outras medidas previstas são a cobrança de estacionamento para motos e a retirada de vagas para o alargamento de calçadas. Essa estratégia, além de reduzir a demanda por deslocamento de automóvel e favorecer o transporte público e os modos ativos, possibilita uma maior arrecadação que pode ser usada para a melhoria dos transportes públicos.

### Trem regional

A Secretaria dos Transportes Metropolitanos prevê a implantação de uma linha de trem regional ligando São Paulo aos municípios de Jundiaí, Santos e Sorocaba. A reativação desses antigos ramais ferroviários reduziria os deslocamentos de carros até a capital paulista e as emissões de GEE decorrentes.

### Eficiência energética

De acordo com o PDTUM, a Prefeitura de Sorocaba deve priorizar os modos de transporte mais eficientes do ponto de vista ambiental. A frota de ônibus municipal, em especial nos corredores de BRT, deve ser a mais limpa possível.

A fiscalização dos veículos particulares e limites de emissões veiculares devem ser implementadas.

## B. Resíduos

### 1. Redução da disposição de resíduos orgânicos em aterros

#### Estratégia

Os resíduos orgânicos representam 41% da composição de resíduos domiciliares do município de Sorocaba<sup>9</sup>. Esses resíduos são destinados para o aterro de Iperó, onde são realizadas a

<sup>9</sup> Gravimetria informada pelo PMGIRS 2013



coleta e a queima de biogás, o que reduz as emissões do setor. A redução da quantidade de orgânicos destinados ao aterro poderia mitigar ainda mais as emissões do setor. Atualmente, um estudo sobre a viabilidade operacional e econômica para implantação de tecnologias de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, adequadas à realidade local, está sendo realizado.

### Estimativa de mitigação

A compostagem apresenta grande potencial para a mitigação das emissões: de acordo com a metodologia do ICLEI Recycling and Composting Emissions Protocol<sup>10</sup>, cada tonelada de resíduos orgânicos compostada reduz as emissões em 0,37 tCO<sub>2</sub>e. Na ausência de meta para a compostagem, o impacto dessa estratégia não pode ser avaliado.

## 2. Reciclagem

### Estratégia

De acordo com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Sorocaba, a coleta seletiva atende a uma pequena parte dos domicílios urbanos: em dezembro de 2012, aproximadamente 16% das residências eram atendidas pela coleta seletiva. No total, estima-se que 6% da quantidade de resíduos passíveis de reciclagem é efetivamente reciclado.

O objetivo do município é a ampliação da coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares inorgânicos. A meta é de dobrar em até três anos a quantidade coletada atualmente, destinando corretamente 12% da quantidade dos resíduos passíveis de reciclagem, contando com a inclusão de cooperativas de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis. O objetivo estende-se a 24% dos resíduos passíveis de reciclagem em um prazo de quatro a oito anos, a 75% em um prazo de nove a quatorze anos e a 100% em um prazo de 15 a 20 anos.

### Estimativa de mitigação

As quantidades de recicláveis foram calculadas com base na gravimetria informada no Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos. Assim, considerou-se a composição de recicláveis a seguir: 15% de papel, 5% de vidro, 2% de metal e 9% de plásticos. As reduções de emissões foram calculadas de acordo com a metodologia *ICLEI Recycling and Composting Emissions Protocol*<sup>11</sup>. De acordo com essa metodologia, para cada tonelada de papel desviada de um aterro com captura de biogás, as emissões são reduzidas em 0,54 tCO<sub>2</sub>e (0,04 tCO<sub>2</sub>e para vidros, metal e plásticos).

Adotando esses parâmetros, o impacto da reciclagem de 75% dos resíduos passíveis de reciclagem a partir de 2027 provocará uma redução de 12.754 tCO<sub>2</sub>e ao ano.

<sup>10</sup> Disponível em: <http://icleiusa.org/publications/recycling-composting-emissions-protocol/>

<sup>11</sup> Disponível em: <http://icleiusa.org/publications/recycling-composting-emissions-protocol/>

A título indicativo, considerando todo o ciclo de vida dos materiais, a redução de emissão de GEE seria de 103.549 tCO<sub>2</sub>e em 2027 (essa redução não pode ser reportada oficialmente, haja vista que as emissões decorrentes da extração das matérias primas e da fabricação dos materiais acontecem fora dos limites do município).

## C. Energia e uso da terra

### 1. Iluminação LED

#### Estratégia

Em 2012, o setor de iluminação pública foi responsável pelo consumo de 48.150.960 kWh (dados da Secretária de Energia e Mineração do Estado de São Paulo<sup>12</sup>). Neste mesmo ano, a cidade de Sorocaba contava com 63.900 pontos de iluminação (Secretária de Serviços Públicos), nenhum deles equipado com lâmpada LED. Nos últimos anos, alguns projetos de iluminação pública com tecnologia LED foram implementados em Sorocaba e outros serão implementados até 2017:

- Jardim Botânico - 19 pontos LED – instalado em 2014;
- Praça da Biodiversidade – 47 pontos LED – Potência Instalada 4.770W – 2016 – Convênio ICLEI - Projeto URBAN LEDs – a instalar;
- Parque das Águas - 416 pontos LED – Potência Instalada 45.760W – 2016 Convênio Prefeitura/CPFL - Programa RELUZ – a instalar;
- Escolas e entornos – 457 pontos LED – Potência Instalada 43.280W – 2016/2017.

As lâmpadas LED apresentam vários benefícios: o consumo energético é reduzido em até 58% (média de um ensaio de 12 cidades - *The Climate Group*, 2012) e os custos de manutenção são reduzidos: a vida útil dessas lâmpadas é de 50.000 horas contra 18.000 horas para as lâmpadas de vapor de sódio e 10.000 horas no caso das lâmpadas de vapor metálico.

#### Estimativa de mitigação

Os projetos listados acima permitem uma redução das emissões de GEE estimada em 90 tCO<sub>2</sub>e ao ano. A ampliação da tecnologia para a totalidade do parque de iluminação pública da cidade de Sorocaba poderia potencializar ainda mais esse impacto.

<sup>12</sup> Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/mapa?municipio=52205&ano=2014>

## 2. Plano de arborização

### Estratégia

O Plano de Arborização Urbana de Sorocaba 2009-2020 estabelece como meta alcançar 20% da área urbana com projeção de copa arbórea. Em setembro de 2012, essa cobertura era de 60.140.523 m<sup>2</sup>, representando 16,35% da área urbana total. Para atingir a meta de 20% de projeção de copa até dezembro de 2018, fixou-se como objetivo o plantio de 898.627 árvores até 2016, já contabilizando um índice de perdas de mudas de 15%. A quantidade de árvores necessárias para alcançar essa meta foi determinada com o valor médio de área de projeção de copa de 17,18m<sup>2</sup>/árvore.

O cronograma de plantio para os próximos anos está apresentado na tabela 2.

**Tabela 2. Cronograma do plano de arborização**

Ano	Quantidade de mudas
2009	10.050
2010	98.390
2011	184.833
2012	179.123
2013	105.887
2014	67.823
2015	49.940
2016	99.657
2017	50.000
2018	50.000
2019	50.000
2020	50.000

### Estimativa de mitigação

Para estimar o sequestro de carbono, foi adotado o método Tier 1b, do *IPCC Chap 3, Appendix 3a.4 Settlements*. A perda de 15% das mudas plantadas foi considerada. Adotou-se o parâmetro de sequestro de 0,01 tC/ano nos 20 primeiros anos de vida da árvore (média dos fatores de crescimento de 10 espécies de árvores dos USA apresentado no *Appendix 3a.4*). Com base nessa metodologia, o impacto foi avaliado em 31.033 tCO<sub>2</sub>e ao ano a partir de 2020, quando o objetivo do plano de arborização for completado. O setor de agricultura, floresta e uso do solo não foi considerado no inventário de 2012 e o impacto dessa estratégia foi contabilizado no setor de energia estacionária (o plantio de

árvores em áreas urbanas pode reduzir o efeito de ilha de calor e o consumo de energia elétrica para ar condicionados).

### 3. Microgeração solar

#### Estratégia

O Brasil possui um dos maiores potenciais do mundo para a geração de energia solar com um forte índice de radiação. No Estado de São Paulo, o potencial fotovoltaico residencial é de 62.196 GWh por ano, o que representa 160% do consumo residencial (EPE, 2014). Atualmente, essa tecnologia ainda é pouco difundida no Brasil: a paridade de rede ainda não foi atingida (os custos de produção, puxados pela carga tributária, permanecem mais altos do que aquele da energia consumida). Entretanto, o cenário é promissor para a microgeração solar: as células solares são cada vez mais eficientes e o preço do kWh produzido tem reduzido nos últimos anos. Assim, um estudo da EPE aponta que a quantidade de residências equipadas com sistemas fotovoltaicos será multiplicada por 200 entre 2016 e 2023, atingindo o número de 140.011 residências em 2023. Para esse mesmo ano, a potência residencial instalada é avaliada pela EPE em 469 MWp.

Neste cenário, é importante que o Comitê Gestor do Projeto Urban LEDS apoie proposições de incentivos à microgeração de energia solar. O incentivo poderia ser fiscal, com uma redução de IPTU para as unidades com geração de energia solar: na cidade de Palmas foi criado, por meio da Lei nº 327 de novembro de 2015, o Programa Palmas Solar que oferece redução de IPTU e de ITBI em até 80% para as residências que dispõem de sistemas de microgeração solar. Outras cidades escolhem estratégias diferentes, adotando leis que tornam obrigatória a instalação de painéis fotovoltaicos em novas construções. Assim, a cidade de Lancaster na Califórnia exige que todos os empreendimentos habitacionais construídos após o 1º de janeiro de 2014 possuam sistemas de microgeração solar.

#### Estimativa de mitigação

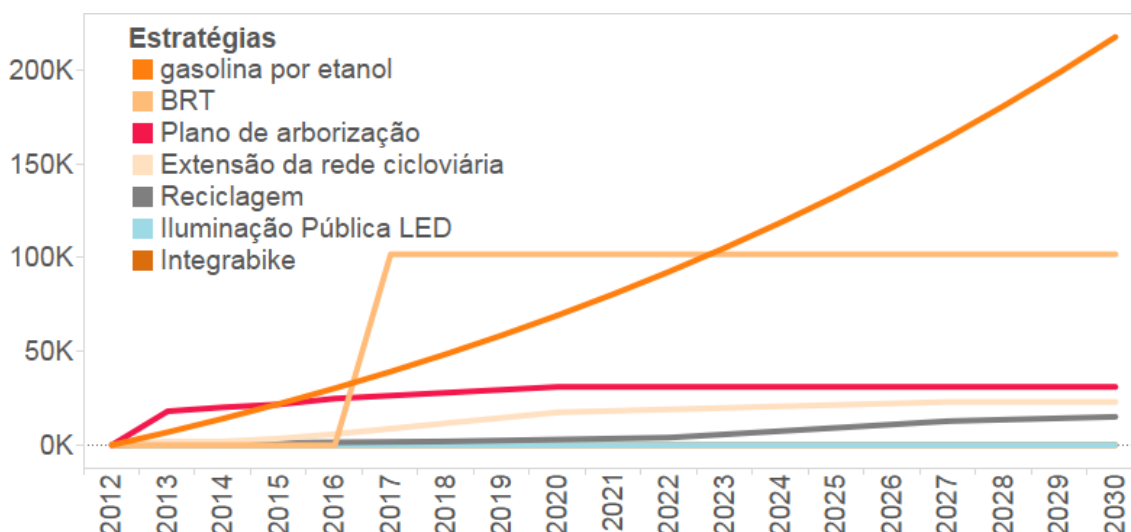
Para cada MWh gerado por meio de instalações fotovoltaicas, as emissões de GEE são reduzidas em 124 kgCO<sub>2</sub>e (fator de emissão do SIN em 2015).

Além de contribuir para a transição da cidade para uma economia de baixo carbono, essas medidas impulsionariam a economia com o aumento da demanda por profissionais de projeto, instalação e manutenção.

## D. Consolidação das ações

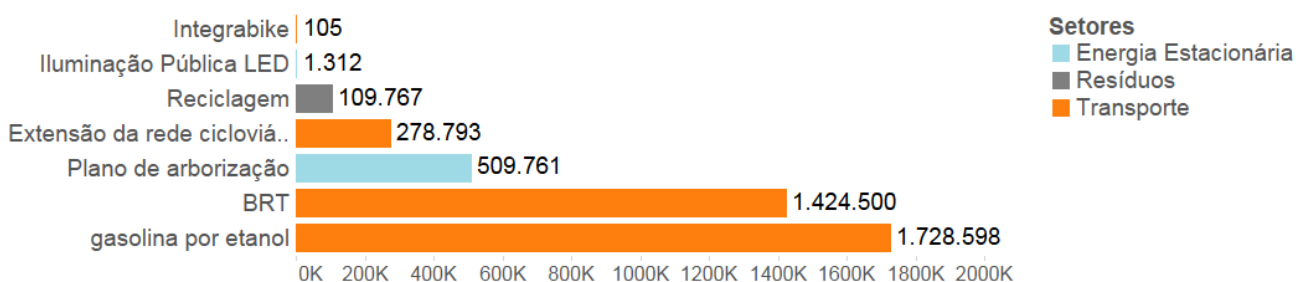
Nesta seção, é apresentada a consolidação do conjunto de estratégias de mitigação. A Figura 7 mostra o potencial de redução de emissões de GEE de cada uma das ações dos setores de energia, transporte e resíduos.

**Figura 7. Potencial de mitigação das estratégias de baixo carbono em tCO<sub>2</sub>e**



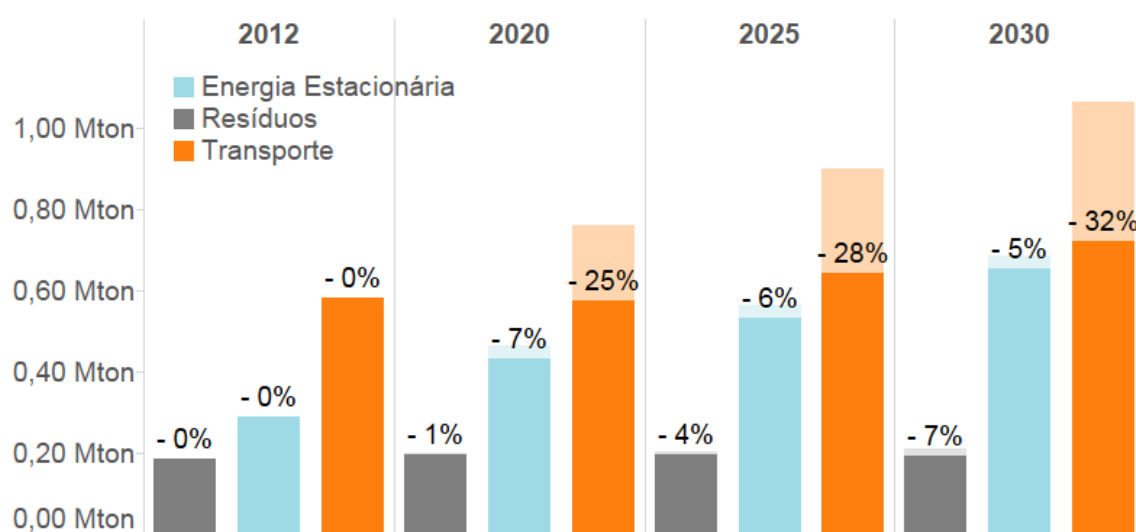
O impacto total no período 2012-2030 é apresentado na figura 8. Nota-se que algumas ações são essenciais para reduzir as emissões da cidade, principalmente no setor de transporte, como a implementação das linhas de BRT e a substituição da gasolina pelo etanol; esta última sendo a ação de maior potencial, capaz de abater as emissões da cidade de Sorocaba no período 2012-2030 em quase 2 milhões de tCO<sub>2</sub>e. Outras ações apresentam impactos bem menores, como a implementação de sistema de bicicletas compartilhadas ou a iluminação pública com lâmpadas LED.

**Figura 8. Impacto total no período 2012-2030 das estratégias de mitigação em tCO<sub>2</sub>e**



O potencial de mitigação para os setores de energia estacionária, transporte e resíduos é apresentado na figura 9. O setor de transporte será o mais impactado: no cenário de referência, esse setor chega a emitir 1,07 milhão de tCO<sub>2</sub>e em 2030. Com a implementação das estratégias de baixo carbono, essas emissões totalizam 724 ktCO<sub>2</sub>e em 2030, o que representa uma redução de 32%. Contudo, as emissões do setor de transporte vão aumentar em 24% entre 2012 e 2030. Nos setores de energia estacionária e de resíduos, uma redução de 5% e 7%, respectivamente, pode ser observada em 2030 em relação ao cenário de referência.

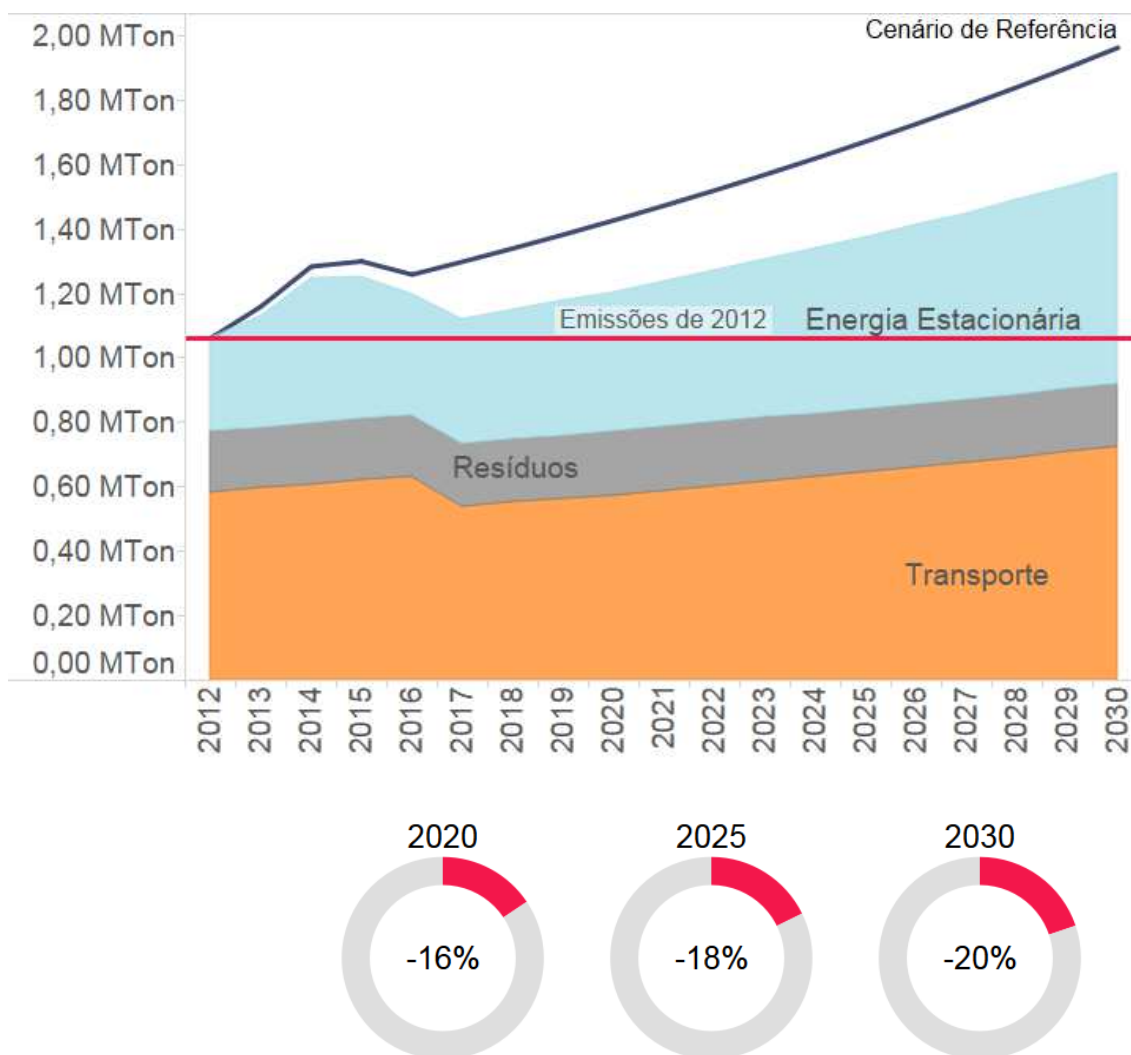
**Figura 9. Impacto de mitigação por setor em relação ao Cenário de Referência**



A Figura 10 apresenta o potencial de redução das emissões de GEE com destaque para os anos 2020, 2025 e 2030. Em 2020, com a implementação das estratégias de baixo carbono apresentadas, as emissões de GEE da cidade de Sorocaba serão reduzidas em 16% em relação ao cenário de referência. Essa redução será de 18% em 2025 e 20% em 2030.



**Figura 10. Potencial global de mitigação das emissões de GEE**



Com a implementação do plano de baixo carbono, as emissões de GEE da cidade de Sorocaba podem ser quantificadas em 1,574 milhão de tCO<sub>2</sub>e em 2030, o que representa um aumento de 48% em relação ao nível de 2012 (+85% na ausência de plano de mitigação). É importante lembrar que os impactos de várias ações com grande potencial de mitigação não puderam ser estimados: o Desenvolvimento Orientado pelo Transporte pode contribuir em reduzir significativamente as emissões do setor de transporte, assim como a implementação da compostagem no setor de resíduos. Considerando essas ações, metas mais ambiciosas podem ser estabelecidas.

## IV. Sugestão de metas de mitigação

Sugere-se que metas de mitigação das emissões de GEE relativas ao Cenário de Referência sejam adotadas para os anos 2020 e 2030. As metas sugeridas para cada horizonte temporal são apresentadas a seguir, em consonância com as ações previstas no presente plano:

- Metas de Médio Prazo (2020): **Redução de 15% das emissões em relação ao Cenário de Referência;**
- Metas de Longo Prazo (2030): **Redução de 20% em relação ao Cenário de Referência; Estabilização das emissões do setor de transporte no nível de 2012.**

Justificativas: Foi identificado um potencial de redução de 20% com base nas ações do presente plano. No setor de transporte, avaliou-se que as emissões de GEE crescerão 24% entre 2012 e 2030. No entanto, várias ações previstas pelo PDTUM e de grande potencial de mitigação não puderam ser quantificadas. O próprio PDTUM prevê a estabilização das emissões de GEE do setor.

É importante mencionar que essas metas podem ser reavaliadas de acordo com as atualizações do plano de estratégias de baixo carbono. É essencial realizar um inventário anual das emissões de GEE da cidade de Sorocaba para acompanhar a evolução das emissões e retratar as metas caso necessário. Futuros inventários podem passar a incorporar outras fontes de emissões como aquelas do setor de agricultura, floresta e uso do solo, para que se possa mensurar de forma mais precisa os impactos das ações de arborização. Sendo o caso, uma revisão tanto do inventário de 2012 como do cenário de referência deverá ser realizada para incorporar essas fontes de emissões.



## V. Conclusão

Com a participação no projeto Urban LED e a adesão ao Compacto dos Prefeitos, a cidade de Sorocaba reforça seu engajamento no enfrentamento das mudanças climáticas. A estruturação do Comitê Gestor do Projeto Urban LED e a realização do 1º inventário de emissões de GEE da cidade foram dois grandes avanços em direção à uma cidade de baixo carbono. Diversos instituições do município participaram da elaboração do plano de baixo carbono e essa interação dos atores locais no processo de gestão de emissões de GEE da cidade de Sorocaba deve ser estimulada.

No presente documento, foram apresentados os resultados do inventário de emissões de GEE para o ano 2012, a evolução dessas emissões até 2030 mostrando crescimento de 85% e as estratégias de baixo carbono adotadas nos setores de energia, transporte e resíduos. Quando possível, os impactos dessas medidas em termos de redução de emissões de GEE foram quantificados. Essas diretrizes devem servir de base para definição da Política Municipal de Mudanças Climáticas e de uma meta municipal de redução de emissões de GEE.

As primeiras metas de redução das emissões em relação ao Cenário de Referência foram sugeridas: -10% em 2020 e -20% em 2030. Uma meta absoluta de estabilização das emissões de GEE do setor de transporte foi proposta. O setor de transporte é atualmente aquele que mais contribui para as emissões da cidade e é aquele que representa o maior desafio tanto para o meio ambiente como para a qualidade de vida dos habitantes. A adoção dessa meta é uma ação política forte, demonstrando a liderança da cidade a nível nacional no enfrentamento das mudanças climáticas.

Com base nesse plano, ações de mitigação podem ser implementadas e seus impactos monitorados com a realização de inventários de GEE periódicos.

## VI. Referências

BANCO MUNDIAL. **Estudo de Baixo Carbono para o Brasil**. 2010.

CLEAN AIR ASIA. Transport Emissions Evaluation Model for Projects (TEEMP). Disponível em <http://cleanairasia.org/transport-emissions-evaluation-model-for-projects-teemp/>.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Plano Nacional de Energia 2030**. Rio de Janeiro: EPE, 2008.

\_\_\_\_\_. **NOTA TÉCNICA DEA 19/14 Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro. 2014.

GREENHOUSE GAS PROTOCOL. **Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories**. 2012.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística]. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em fevereiro de 2016.

ICLEI. **Local government operations protocol for the quantification and reporting of greenhouse gas emissions inventories**. Disponível em: [http://www.arb.ca.gov/cc/protocols/localgov/pubs/lgo\\_protocol\\_v1\\_1\\_2010-05-03.pdf](http://www.arb.ca.gov/cc/protocols/localgov/pubs/lgo_protocol_v1_1_2010-05-03.pdf)

\_\_\_\_\_. **Recycling and Composting Emissions Protocol**. Version 1.0. 2013.

IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.

\_\_\_\_\_. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG-LULUCF)**. 2006.

MC KINSEY & COMPANY. **Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil**. 2010.

MCTI [Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação]. **Fatores de Emissão de CO2 do Sistema Interligado Nacional do Brasil**. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>. Acesso em fevereiro de 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA. **Plano Municipal De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos Do Município De Sorocaba – Sp**. 2014.

SECRETÁRIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Dados Municipais**. Disponível em: <http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/mapa?municipio=52205&ano=2014>. Acesso em fevereiro de 2016.

URBES [Empresa de Desenvolvimento Urbano e Social de Sorocaba]. **Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade**. Sorocaba. 2014.

US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. **Transportation's Role in Reducing US Greenhouse Gas Emissions, Report to Congress**. Wahsington, 2010.

THE CLIMATE GROUP. **Lighting the Clean Revolution**. 2012.