

# Aspectos Econômicos das Cidades de Baixo Carbono: Recife, Brazil

Authors:

Andy Gouldson, Sarah Colenbrander, Andrew Sudmant,  
Faye McAnulla and Ynara Oliveria de Sousa



Funders:



Foreign &  
Commonwealth  
Office

University of Leeds

Igor Albuquerque, Jussara Carvalho

ICLEI

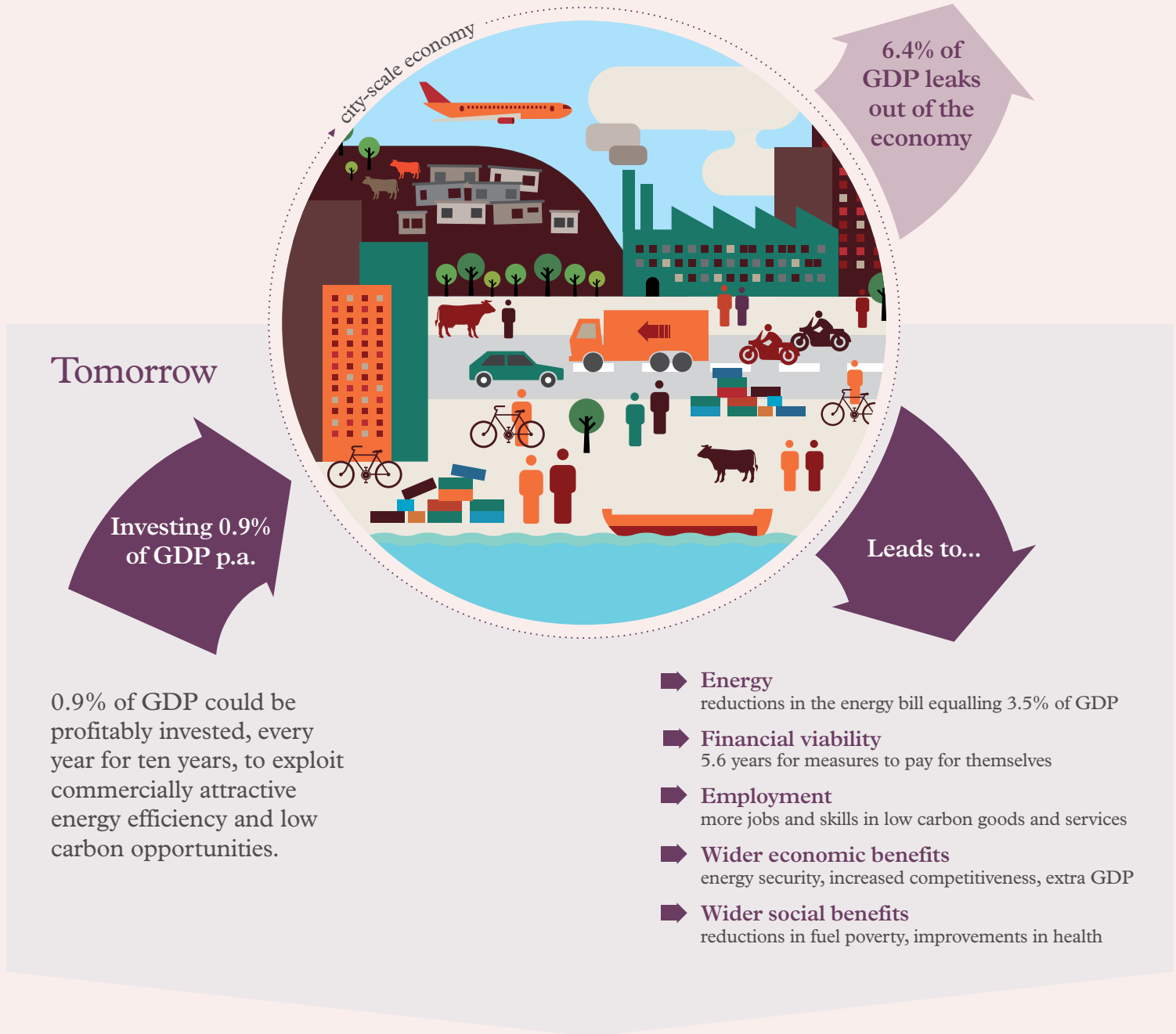


# The Economics of Low Carbon Cities

Recife, Brazil

## Today

6.4% of city-scale GDP leaves the local economy every year through payment of the energy bill. In 2030, energy expenditure will remain substantial at 12.3%



### ➤ Potential to reduce CO<sub>2</sub> emissions





# Índice

Prefácio do Ministério das Relações Exteriores Britânico (FCO)	8
Prefácio do ICLEI	9
<b>Sumário Executivo</b>	<b>10</b>
Introdução	10
Abordagem	10
O caso econômico para Investimentos em Baixo Carbono	
Conclusões e Recomendações	11
<b>Capítulo 1. Introdução, Contexto, Propósitos e Objetivos</b>	<b>14</b>
Cidades e Mudanças Climáticas	14
Contexto Brasileiro	15
Recife	16
Propósitos e Objetivos	17
<b>Capítulo 2. Abordagem</b>	<b>18</b>
Análise da Linha de Base	18
Identificação e Avaliação-Definição de Medidas	18
Avaliação das possibilidades de implantação	20
Conjunto das Necessidades de Investimentos e Oportunidades	20
Análise de Multi-criterio	20
<b>Capítulo 3. Resultados Principais</b>	<b>21</b>
O Contexto Variável e os Impactos das tendências do ‘Business as Usual’	21
O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros	25
<b>Capítulo 4. Resultados Específicos por Setor</b>	<b>26</b>
<b>Enfoque Setorial – Comércio e Setor Público</b>	<b>26</b>
O Contexto Variável e os Impactos das tendências do ‘Business as Usual’	27
O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros	28
Avaliação de Opções	
<b>Enfoque Setorial – Setor Residencial</b>	<b>31</b>
O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros	33
Avaliação de Opções	34
<b>Enfoque Setorial – Industrial</b>	<b>36</b>
Os impactos das tendências do ‘Business as Usual’	37
O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros	37
<b>Enfoque Setorial – Setor de Transportes</b>	<b>38</b>
Os impactos das tendências do ‘Business as Usual’	39
O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros	40
Avaliação de Opções	41

<b>Enfoque Setorial – Setor de Resíduos</b>	<b>43</b>
Os impactos das tendências do ‘Business as Usual’	44
O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros	45
Avaliação de Opções	46
<b>Capítulo 5. Avaliação de Multi-Critério</b>	<b>48</b>
<b>Capítulo 6. Debate</b>	<b>54</b>
<b>Capítulo 7. Discussão</b>	<b>56</b>
<b>Conclusões e Recomendações</b>	<b>57</b>
<b>Referências</b>	<b>58</b>
<b>Anexo A: Lista de Participantes do Workshop</b>	<b>59</b>
<b>Anexo B: Fontes de Dados, Métodos e Hipóteses</b>	<b>62</b>
Referências do Anexo B	64
<b>Anexo C: Fontes de Dados, Métodos e Hipóteses</b>	<b>65</b>
Setor Comercial e público	66
Setor Doméstico	68
Setor de Transporte	73
Setor de Resíduos	76
Referências do Anexo C	78
<b>Anexo D: Tabela Classificativa dos of the Most Cost-Effective Measures in Recife (USD/tCO<sub>2</sub>-e)</b>	<b>80</b>
<b>Anexo E: League Tabela of the Most Carbon-Effective Measures in Recife (ktCO<sub>2</sub>-e)</b>	<b>82</b>
<b>Anexo F: League Tabela of the Most Socially, Politically and Environmentally Acceptable Measures in Recife</b>	<b>85</b>

# Índice de Figuras

---

Figura 1: Uso energético indexado – total, per capita and per unit de PIB.	21
Figura 2: Custos energéticos e total de despesas com energia.	21
Figura 3: Emissões indexadas – total, por unidade de energia, por unidade do PIB e per capita.	22
Figura 4: Total de uso de energia por setor em Recife, de 2000 a 2030.	23
Figura 5: Gastos totais com energia por setor em Recife, de 2000 a 2030.	23
Figura 6: Emissões de Gases de Efeito Estufa por setor em Recife, de 2000 a 2030	24
Figura 7: Emissões de Recife baixo três cenários diferentes entre 2000 a 2030.	25
Figura 8. Setor Comercial: uso de energia, gastos com energia e emissões indexadas entre 2000 e 2030	27
Figura 9. Emissões do setor comercial baixo três cenários diferentes para investimentos, indexadas em relação às emissões de 2014, entre 2000 e 2030.	28
Figura 10. Setor Residencial: consumo de energia, despesas energéticas e emissões.	32
Figura 11. Emissões do setor residencial baixo três cenários diferentes para investimentos, indexadas em relação as emissões de 2014, entre 2000 e 2030.	33
Figura 12. Setor Industrial: uso de energia, despesas energéticas e emissões.	37
Figura 13: Setor de Transporte: consumo energético, despesas com energia e emissões de carbono indexadas.	39
Figura 14: Emissões do setor de transporte baixo três cenários diferentes para investimentos, indexadas em relação às emissões de 2014, entre 2000 e 2030.	40
Figura 15: Emissões do setor de Resíduos (ktCO <sub>2</sub> -e), 2000 a 2030.	44
Figura 16: Emissões do setor de resíduos baixo três cenários de investimentos, indexadas em relação as emissões de 2014, entre 2000 e 2030.	45

---

# Prefácio do Ministério das Relações Exteriores Britânico (FCO)

Estou muito contente de realçar a excelente colaboração entre o Reino Unido e o Brasil sobre um desafio para muitas cidades: sustentabilidade.

A Universidade de Leeds e seu parceiro brasileiro, ICLEI Brasil, têm trabalhado juntos em possíveis soluções. O relatório que produziram focaliza a relação entre energia e desenvolvimento em rápido crescimento da cidade de Recife no nordeste do Brasil. Ele analisa o custo e eficácia de uma ampla gama de opções eficientes, renováveis e de baixo carbono para desenvolvimento urbano.

A região metropolitana de Recife está composta por 14 municípios, o qual 42% da população de todo o estado se concentra em 2.81% do território, totalizando uma média de 7.000 pessoas por quilômetro quadrado – quase o triplo da densidade populacional em Londres. O rápido crescimento e alta densidade levaram a graves problemas no abastecimento de água e inundações recorrentes.

A necessidade de planejamento urbano e tecnologia inovadora para resolver estas questões a fim de mitigar os efeitos das mudanças climáticas e o impacto no desenvolvimento humano são o ponto de partida para este relatório. Utilizando sua experiência, a Universidade de Leeds sugere soluções inteligentes através das quais o Comitê de Mudanças Climáticas e Sustentabilidade da cidade de Recife pode implementar uma estratégia de desenvolvimento com baixas emissões.

Espero que este relatório possa ajudar a Recife a cumprir com a sua aspiração a ser uma cidade de baixo-carbono com alto crescimento econômico e que oferece alta qualidade de vida aos seus habitantes. Aprecie a sua leitura!

**Alexander Wykeham Ellis**  
Embaixador do Reino Unido no Brasil



# Prefácio ICLEI

A América Latina é atualmente uma das regiões com os maiores índices de urbanização do planeta, cerca de 75% a 85% da população já reside em cidades na maior parte dos países da região. A falta de planejamento e o crescimento desordenado das áreas urbanas infelizmente

ainda são uma realidade muito presente, o que resulta em diversos impactos ambientais e socioeconômicos. Tudo indica que nos próximos 40 anos, será necessário construir a mesma capacidade urbana que foi construída nos últimos 4 mil anos. Considerando a demanda crescente e a deterioração dos recursos naturais, as cidades e sistemas urbanos precisam ser repensados e desenhados de modo que possam produzir o que consomem, como alimentos e energia, e ser mais compactos. A produtividade das cidades e dos sistemas urbanos no que se refere aos recursos naturais está no centro de uma economia urbana verde e da atual discussão sobre planejamento urbano.

Diante desse cenário, é fundamental que as cidades passem a enfrentar estes grandes desafios não como problemas, mas sim como oportunidades, de modo que possam se tornar espaços mais eficientes, produtivos e equitativos, protegendo os tão valiosos recursos naturais e proporcionando melhores condições de vida a seus habitantes. O desenvolvimento e a implementação de políticas públicas integradas, com estratégias de longo prazo, é um caminho que necessita ser trilhado com persistência a fim de transformar os cenários atuais.

Os governos locais, como nível de governança mais próximo do cidadão, têm papel e responsabilidade importantes na construção de cidades mais sustentáveis. Para isso, podem buscar apoio em movimentos como o ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, que é hoje a principal associação mundial de cidades e governos locais dedicados ao desenvolvimento sustentável. Representa um poderoso movimento de 12 megacidades, 100 super-cidades, 450 grandes cidades e regiões urbanas, bem como de 450 cidades de pequeno e médio porte em 83 países, com a missão de construir e servir a um movimento mundial de governos locais para alcançar melhorias tangíveis na sustentabilidade global, com especial atenção às condições ambientais, através de ações cumulativas. Promove ação local para a sustentabilidade global e apoia cidades a se tornarem sustentáveis, resilientes, eficientes no uso de recursos, biodiversas, de baixo carbono; a construir infraestrutura inteligente e a desenvolverem uma economia urbana verde e inclusiva, com o objetivo final de alcançar comunidades felizes e saudáveis.

Nesse sentido, o ICLEI- Governos Locais para Sustentabilidade - acredita que Recife está no caminho certo para concretizar transição de uma economia tradicional baseada na queima de combustíveis fósseis e infraestrutura cinza para um desenvolvimento urbano de baixo carbono inclusivo, trazendo elementos que a torne uma cidade mais inteligente e sustentável.

Com os resultados do Relatório elaborado pela Universidade de Leeds, Recife conseguiu enxergar alternativas que pudessem compor o Plano de Ação de Desenvolvimento de Baixo Carbono, dessa forma construindo uma estratégia planejada e sustentável a longo prazo.

**Jussara Carvalho**  
**Diretora Executiva**  
**ICLEI**

# Sumário Executivo

## Introdução

Qual é a melhor maneira de transformar uma cidade por um caminho energético mais eficiente, com base no desenvolvimento em Baixo Carbono? Mesmo onde há grande interesse em tal transição, existem grandes obstáculos que podem impedir as cidades de trabalhar em uma agenda a longo prazo. A ausência de uma base empírica confiável e localmente apropriada torna as decisões mais difíceis de serem tomadas.

Este estudo tem como objetivo fornecer tal base para a Cidade do Recife e utilizá-la para examinar se há um benefício econômico que possa ser usado para garantir investimentos de baixo carbono em grande escala na cidade. O objetivo específico é fornecer listas prioritárias das medidas com melhor custo-benefício e mais efetivas em termos de emissão de gases de efeito estufa que poderiam ser realmente promovidas através dos setores residenciais, comerciais, de transporte e de resíduos dentro da cidade.

## Abordagem

Iniciamos a análise coletando dados em níveis e composição do uso da energia em Recife. Incluímos uma ampla gama de diferentes setores como Elétrico no lado da oferta e os setores Residencial, Comercial, Transporte e Indústria como demanda. Avaliamos também o setor dos Resíduos em ambos lados, como gerador de Gases de Efeito Estufa e através do seu potencial gerador de energia. Os dados primários foram fornecidos pela Cidade de Recife.

Para cada um destes setores e para a cidade como um todo, examinamos a influência de tendências recentes, como crescimento econômico, crescimento populacional, comportamento do consumidor e eficiência energética; e desenvolvemos as linhas de base dos 'business as usual' que continuam essas tendências até 2030. Estes conceitos nos permitem projetar futuros níveis e formas da oferta e demanda energética, como também futuros gastos energéticos e emissões de carbono.

Baseado em extensas leituras e consultas aos stakeholders, compilamos listas das potenciais medidas de baixo carbono que poderiam ser aplicadas nos edifícios domésticos, comerciais e públicos além dos setores do transporte e de resíduos urbanos. O setor da indústria foi excluído nesta fase porque o Plano piloto da cidade restringe atividades industriais dentro do Recife. Avaliamos o desempenho de cada medida, administrando uma avaliação real dos seus custos e prováveis economias futuras; e consideramos a oportunidade para aplicar cada uma em Recife até 2030. Estas avaliações foram submetidas a uma revisão participativa por diversos especialistas em workshops temáticos para assegurar que as medições são as mais realistas possíveis e para considerar os fatores chave que definem o potencial para o desenvolvimento das mesmas.

Concluimos em conjunto os resultados das avaliações e revisamos com especialistas para determinar o potencial impacto das medidas combinadas através dos diferentes setores da cidade como um todo. Isto nos permite entender a escala de oportunidade de desenvolvimento, os investimentos e lucros associados como também os impactos na demanda e oferta de energia, gastos-custos de energia e emissões de carbono nos diferentes setores da cidade. Estas junções também nos permite gerar tabelas classificativas das medidas mais custo e carbono-efetivas, as quais ambas podem ser adotadas em cada setor e na cidade em si como um todo.

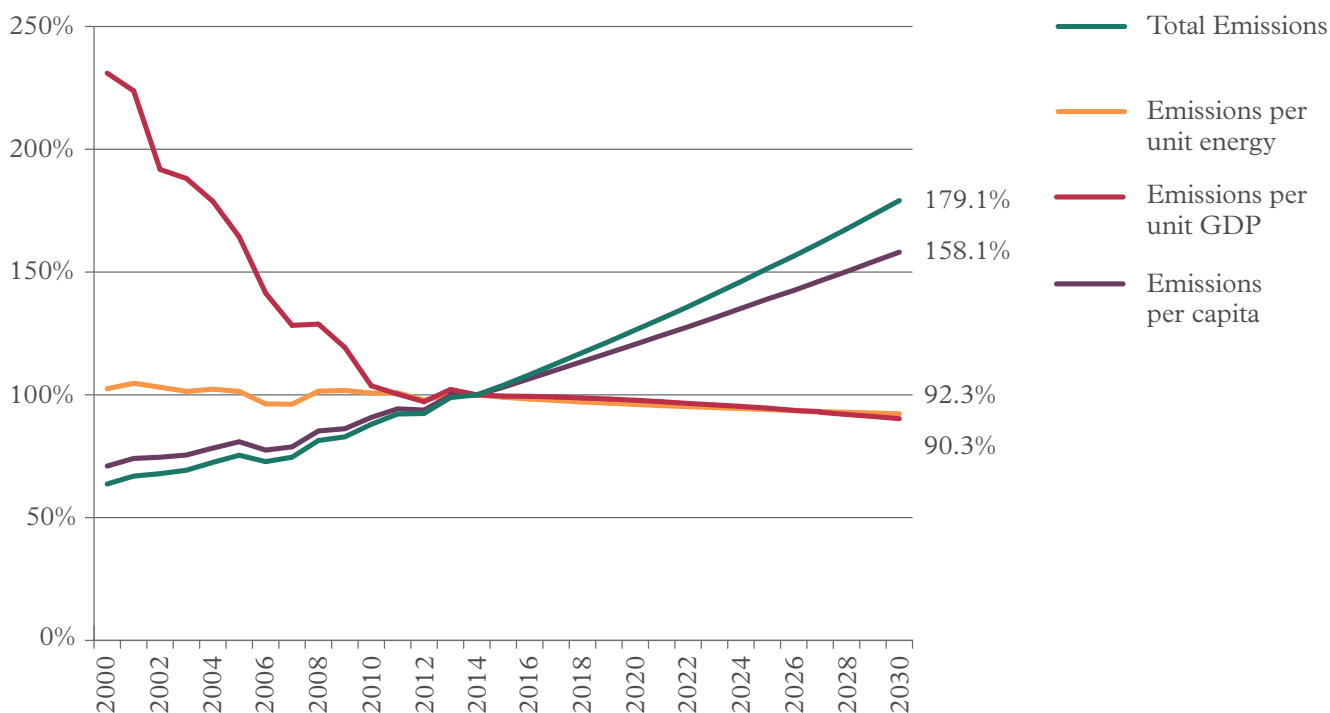
As análises de custo-benefício de cada medida foi complementada por uma avaliação multi-critério. Convocamos uma série de oficinas com os stakeholders onde os participantes foram convidados a avaliar cada medida de acordo com cinco amplos critérios: aceitabilidade política, aceitabilidade pública, capacidade para implementação, impactos positivos no desenvolvimento humano e impactos positivos para o meio-ambiente. Cada um destes critérios por sua vez receberam uma ponderação percentual, a fim de avaliar a sua importância relativa. A pontuação total de cada opção ou conjunto de opções foi então calculada usando a média ponderada, o que nos permite identificar quais medidas com interesses político, social e ambiental.

### O Caso Econômico para Investimentos em Baixo-Carbono

Estimamos que o PIB de Recife foi de R\$ 35,6 bilhões (USD 16.55 bilhões) em 2014 e caso as tendências recentes continuem, estimamos que o PIB crescerá para R\$ 70,54 bilhões (USD 32.82 bilhões) até 2030. Encontramos também que o gasto total energético de Recife em 2014 foi de R\$ 3,40 bilhões (USD 1.45 bilhões), o que significa 8,7% de todos os rendimentos arrecadados em Recife está atualmente comprometido com Energia. Os aumentos nos gastos de energia estão estimados em 12,1% do PBI da cidade até 2030.

Pre vemos que a continuação da tendência dos “business as usual” no período até 2030 aumentaria o uso de energia em Recife em 94,1% comparado com os níveis de 2014 e projetamos que o gasto energético total para a cidade crescerá em 174,2% em relação aos níveis de 2014 para R\$ 9,32 bilhões (USD 3.97 bilhões) em 2030. Prognosticamos também que, no cenário de “business as usual”, as emissões totais de carbono de Recife estão previstas para crescer 79,1% em relação aos níveis de 2014 até o ano de 2030.

Figura 1: Índice das emissões de carbono - total, por unidade de energia, por unidade do PIB e per capita.

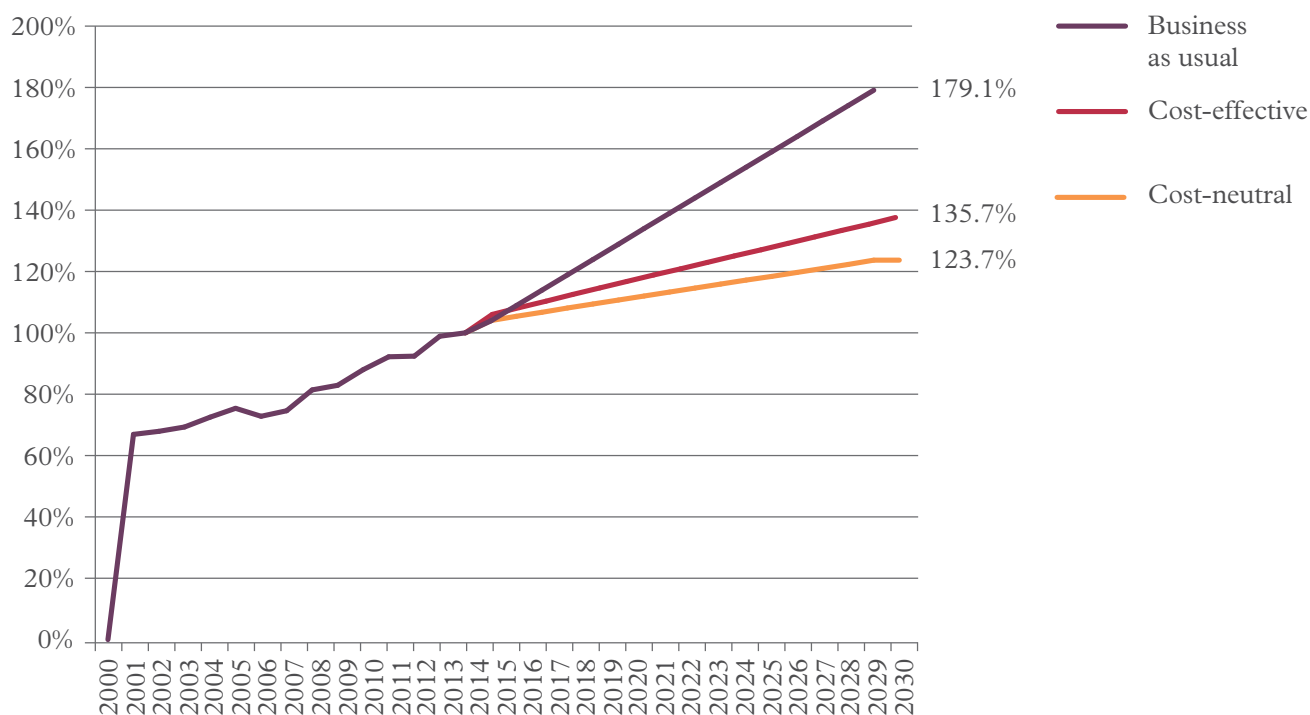


Depois de examinar os potenciais custos e benefícios da ampla gama de eficiência energética, energias renováveis e outras medidas de baixo carbono que poderiam ser implantadas nos diferentes setores da cidade, encontramos que – comparado com as tendências do “business as usual” – Recife poderia reduzir suas emissões de gás carbônico até 2030 em:

- 24,3% através de investimentos rentáveis na cidade que poderiam mais que se auto-financiar sustentar em termos comerciais ao longo de suas vidas. Para tal fim, seriam exigidos um investimento de R\$ 7,79 bilhões (USD 3.32 bilhões), ocasionando uma economia anual de R\$ 1,37 bilhões (USD 585,25 milhões), retornando o investimento em 5,7 anos e gerando uma economia anual por todo o período de duração das medidas.

- 31,0% com medidas sem custo que poderiam ser pagas ao reinvestir os lucros gerados pelas medidas custo-efetivas. Tais medidas exigiriam um investimento de R\$ 14,91 bilhões (USD 6,35 bilhões), gerando uma economia de custos anuais de R\$ 1,35 bilhões (USD 575,01 milhões), retornando o investimento em 11 anos e gerando uma economia anual por todo período de duração das medidas.

**Figura 2: Emissões de Recife em três diferentes cenários entre 2000 e 2030.**



Descobrimos que o setor de transportes constitui 58.1% do potencial total de investimentos baixo-custo em baixo carbono, com o potencial restante distribuído entre o setor doméstico (6,9%), o setor comercial (12,5%) e o setor de resíduos (22,5%).

Enquanto os impactos dos investimentos rentáveis reduzirão as emissões globais relativas a tendência dos “business as usual”, elas não impedirão que as emissões gerais aumentem em números absolutos. Com a aplicação de todas as opções de baixo custo, até 2030 as emissões deverão chegar a 35,7% acima dos níveis de 2014. Estas medidas também economizarão R\$ 1,37 bilhões (USD 585,24 milhões) em gastos energéticos por cada ano, desse modo reduzindo a conta energética em 2030 de uma projeção de 12,1% do PIB para 8,6%. Com a exploração de todas as medidas de baixo custo, o aumento das emissões da cidade chegará a somente 23,7% acima dos níveis de 2014 ao invés de 79,1%.

No entanto, as opções de investimentos de baixo custo ou custo zero poderão contribuir com mais tempo necessário às cidades para encerrar reduções permanentes nas emissões. Se todas as opções de baixo custo são implementadas, o período suficiente para o Tempo para alcançar os níveis de emissões BAU (Time to Reach BAU Emission Levels-TREBLE) relativo a 2030 em Recife será de 22 anos. Se todas as medidas de custo zero são implementadas, as emissões somente alcançarão os níveis de “business as usual” esperados para 2030 em 43 anos. Ou seja, os investimentos nos níveis economicamente neutros em mitigação climática poderão manter as emissões de Recife abaixo das tendências “business as usual” pelas próximas décadas, dando mais tempo aos formuladores de políticas para construir o contexto político e as capacidades técnicas, financeiras e institucionais necessárias para mudanças mais ambiciosas no formato e funcionamento urbano.

## Conclusões e Recomendações

Esta pesquisa revela que existem muitas oportunidades economicamente atrativas para incrementar a eficiência energética e estimular os investimentos em energia renovável, que por sua vez melhora a competitividade econômica, segurança energética e a intensidade de carbono de Recife. A escala de oportunidades demonstra que considerar as Mudanças Climáticas no planejamento urbano pode ser atrativa comercialmente, acima e além dos grandes benefícios da redução dos futuros impactos nas mudanças climáticas. Esperamos que Recife possa utilizar essas descobertas nas melhorias e desenvolvimento de seu Plano de Ações Climáticas.

A presença de tais oportunidades não significam que serão necessariamente exploradas. Ao fornecer evidências sobre a escala e composição dessas oportunidades, esperamos que este relatório ajudará a estabelecer compromissos políticos e capacidades institucionais para a mudança. Também esperamos que este informe ajudará a Recife a garantir seus investimentos e a desenvolver os modelos de entrega necessários para as ações climáticas ambiciosas. Algumas das oportunidades de baixo carbono e eficiência energética poderiam ser comercialmente atraentes enquanto outras poderiam ser viáveis através de investimentos públicos e/ou financiamento climático. Muitas das oportunidades se beneficiariam do suporte das políticas viabilizadas do estado.

A Universidade de Leeds, ICLEI e a Prefeitura de Recife ressaltam que as considerações econômicas não deveriam dar forma a transição a um modelo de desenvolvimento de baixo carbono no Brasil urbano. Reconhecemos que os tomadores de decisão decision-makers também deveriam considerar os assuntos referentes a equidade, inclusão e a amplitude sustentável de cada medida, incluídas em nossa avaliação multi-critério. Entretanto, entendemos que no caso da presença de um argumento econômico é frequentemente necessário aos tomadores de decisões decision-makers que considerem os casos mais amplos para ação. Por esse motivo, esperamos que esta base de evidências para os investimentos em baixo carbono em Recife ajude a mobilizar as vontades políticas e o interesse público em ambiciosas ações de clima.

# Capítulo 1.

## Introdução, Contexto, Propósitos e Objetivos

### Cidades e Mudanças Climáticas

A influência e o impacto das cidades não pode ser exagerada. Mais da metade da população mundial vive nas zonas urbanas, onde até 70% da produção e do consumo ocorrem nessas cidades. As cidades são os lugares onde muitas das instituições mundiais e suas infra-estruturas estão localizadas, onde muitos dos maiores desafios sociais, econômicos e ambientais são criados, experimentados e algumas vezes combatidos. Cidades são lugares onde muitas das políticas e planos nacionais e internacionais devem finalmente ter efeito. Ações globais frequentemente dependem das atividades urbanas – nosso futuro comum depende, em grande parte, da maneira como nos desenvolvemos, organizamos, vivemos e trabalhamos nessas cidades.

A Energia irá desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento futuro das cidades. Atualmente, as atividades urbanas consomem 67 a 76% de toda oferta e são responsáveis por 71 a 76% das emissões de carbono (UNEP, 2012). Algumas estimativas sugerem que 10-18% de todos os rendimentos das cidades são gastos em energia (Gouldson et al., 2012; Gouldson et al., 2014). Apesar de seus custos e impactos, a energia moderna é fundamental para o bem-estar humano. Ela melhora a qualidade de vida e favorece a atividade econômica. O aumento da oferta energética e as melhorias ao seu acesso facilitam o desenvolvimento. O desafio é alcançar um fornecimento sustentável e de baixo custo – como as cidades podem se direcionar a um caminho de desenvolvimento energético eficiente e de baixo carbono?

As porcentagens das cidades em relação as emissões globais são altas e continuam crescendo rapidamente, mas sua capacidade institucional e seu dinamismo sócio-econômico também indicam que as cidades estão numa posição única para combater as mudanças climáticas. Isso ocorre particularmente nas economias emergentes de crescimento acelerado, onde os investimentos massivos em infraestrutura proporcionam oportunidades de reduzir a intensidade energética das atividades sociais e econômicas. Propõe-se frequentemente que a preparação para as mudanças climáticas em estágios iniciais de

desenvolvimento é mais efetiva e economicamente mais atrativa que a substituição ou melhora da estrutura estabelecida. A integração da eficiência energética e objetivos de baixo carbono nos processos de planejamento tem o potencial de reduzir consumos, ampliar o acesso a energia, melhorar a qualidade do ar, criar novos empregos e mitigar os impactos das mudanças climáticas.

Concentrando-se em Recife, este relatório considera as maneiras em que a relação entre Energia e desenvolvimento podem ser alteradas em uma cidade com rápido crescimento e necessidades de desenvolvimento urgentes. Embora o relatório considere a oferta de energia, o objetivo principal é avaliar o custo e a carbono-eficácia \_eficiência de uma ampla variedade de energias eficientes, renováveis e outras opções de baixo carbono que poderiam ser aplicadas em diferentes setores de Recife. Em seguida, considera se há um argumento; motivo econômico para maiores investimentos dessas opções por toda a cidade; e se esses investimentos tem o potencial de mudar a cidade em busca de um caminho de desenvolvimento energético eficiente e de baixo carbono.

## O Contexto Brasileiro

Por seu território, o Brasil é o maior país da América Latina e sua população de aproximadamente 200 milhões de habitantes faz com que seja o 5o país mais populoso do mundo (World Bank, 2014). Durante a última década, a economia brasileira cresceu uma média de 3,3% ao ano, de modo que se converteu na sétima maior economia do mundo (IPEA, 2014). Os setores de serviços é o mais significativo, sendo responsável por 69% do total do Produto Interno Bruto (PIB). Os maiores segmentos dentro do setor são governo, educação e saúde. A Indústria representa 26% do PIB, com a fabricação, construção e mineração tendo as maiores participações no setor. Os 5% restantes do PIB correspondem ao setor agropecuário (IBGE, 2014). Devido aos fortes investimentos sociais como os planos do Bolsa Família, a renda média aumentou 3,1% por ano (EY, 2011), levando a diminuição do nível de pobreza no Brasil de 21% em 2003 para 11% em 2009 (World Bank, 2014).

O rápido crescimento econômico brasileiro tem sido acompanhado dramaticamente por um aumento na demanda energética. Estima-se que o consumo de energia crescerá 4,5% por ano até 2021 (EPE, 2012), superando a maioria das projeções brasileiras de crescimento econômico. Brasil é o oitavo maior consumidor de energia e o décimo maior produtor de energia no mundo. O fornecimento de energia se baseia principalmente no petróleo e outros combustíveis líquidos (47%), hidroeletricidade (35%) e gás natural (8%) (EIA, 2014). O maior setor com demanda energética no Brasil é a indústria, seguido pelos setores residencial e comercial.

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional e o aumento da demanda por alimentos e energia criaram desafios ambientais como também conquistas sociais. Sem considerar as mudanças no uso das terras e florestas, o Brasil foi classificado como o sexto maior emissor de Gases de Efeito Estufa em 2010, produzindo 1,049 MtCO<sub>2</sub>-e (TSP, 2010). Este fato ressalta a importância de combater as emissões provenientes da indústria, dos transportes, residências, resíduos e outros setores que se concentram predominantemente nos centros urbanos. A Tabela 1 abaixo mostra as fontes de emissão no Brasil por setor.

Brazil's first notable commitment against climate change was in 1992, when the country hosted the United Nations Conference on Environment and Development (more commonly known as Rio Earth Summit). In 2002, Brazil signed the Kyoto Protocol and in 2008, the government launched the National Plan on Climate Change (PNMC). This plan sets the objectives of reducing deforestation rates in the Amazon by 80% by 2020, increasing the consumption of ethanol within Brazil by 11% by 2019, and increasing the amount of urban solid waste recycled by 20% by 2015. In 2009, Brazil passed the National Law for Climate Change which set a voluntary target of reducing greenhouse gases by between 36.1% and 38.9% by 2020, relative to business as usual levels (Ministério do Meio Ambiente, 2014).

Tabela 1. Emissões por setor no Brasil (MCTI et al., 2013).

Setor	1990	1995	2000	2005	2010	Variação	
						1995-2005	2005-2010
			Gg CO <sub>2</sub> -e				
Energia	191,543	232,430	301,096	328,808	399,302	41.5%	21.4%
Processos Industriais	52,536	63,065	71,673	77,943	82,048	23.6%	5.3%
Agricultura	303,772	335,775	347,878	415,713	437,226	23.8%	5.2%
Silvicultura	815,965	1,950,084	1,324,371	1,167,917	279,163	-40.1%	-76.1%
Residencial	28,939	33,808	38,550	41,880	48,737	23.9%	16.4%
TOTAL	1,392,756	2,615,162	2,083,570	2,032,260	1,246,477	-22.3%	-38.7%

Brasil é classificado como o país mais biodiversificado no mundo. A amazonia, que cobre 49% do território brasileiro, é altamente vulnerável às mudanças climáticas e outros impactos, como também as regiões litorâneas como Rio de Janeiro e Recife; e o nordeste com seu clima seco e desvantagens socioeconômicas (UNFCCC, 2007). No Brasil, muitos eventos climáticos extremos ocorreram na última década, incluindo frequentes inundações no sul, baixos níveis de água na bacia amazônica, ondas de calor em grandes centros urbanos, intensa seca no Nordeste e o aumento da precipitação no Sul e Sudeste (MCTI et al., 2013).

O primeiro compromisso notável brasileiro contra as mudanças climáticas foi em 1992, quando sediou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e Desenvolvimento (comumente conhecida como Cúpula da Terra ou Rio ECO 92). Em 2002, Brasil assinou o Protocolo de Quioto e em 2008, o governo lançou o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). Este Plano estabelece os objetivos de redução das taxas de desmatamento na Amazonia em 80% até 2020, aumentando o consumo de Etanol no Brasil em 11% até 2019, aumentando a quantidade de resíduos sólidos reciclados nas cidades em 20% até 2015. Em 2009, Brasil aprovou a Política Nacional sobre Mudança do Clima que estabelece a meta voluntária de redução de Gases de Efeito Estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020, em relação aos níveis de “business as usual” (Ministério do Meio Ambiente, 2014).

## Recife

Recife é a nona maior cidade do Brasil, com uma população de 1,5 milhões de pessoas (Bitoun et al., 2010). A região metropolitana engloba 3,7 milhões de pessoas, representando a quinta maior área metropolitana no Brasil. 65,1% do PBI do Estado do Pernambuco está concentrado nessa área metropolitana e Recife é considerada o centro industrial mais importante da região Nordeste, produzindo Bens e Serviços como cana-de-açúcar, navios, plataformas de petróleo e eletrônicos.

A Região Metropolitana do Recife abriga 42% da população do Pernambuco, que vivem dentro de apenas 2,8% do território do estado. A urbanização progressou rapidamente no estado, mas agora está crescendo em um ritmo mais lento. Em média, a população da cidade cresceu a uma taxa anual de 0,78% ao ano entre 2000 e 2010 (Secretaria de Desenvolvimento e Planejamento Urbano, 2010).

A infra-estrutura rodoviária da região metropolitana do Recife não tem acompanhado o rápido crescimento populacional, resultando em congestionamentos no trânsito e transportes públicos lotados. Tráfego e Trânsito são amplamente identificados como o principal problema enfrentado por Recife, de acordo com o Sindicato da Arquitetura e da Engenharia (Sinaenco) (da Letra, 2013). O setor dos transportes é responsável por grande parte das emissões de carbono (65,6%), seguido pelo setor de Resíduos (19,3%), energia residencial, (6,4%), energia industrial (4,9%), energia comercial/institucional (3,8%) e governo (0,4%).



Recife é uma das cidades mais vulneráveis em relação aos impactos das mudanças climáticas no Brasil. Mais de 80% da área urbana está a 30m da linha costeira e a elevação média da cidade é de menos de 4m acima do nível do mar. No caso de que os níveis do mar aumentem 0,5m, estima-se que 39,32km<sup>2</sup>, ou aproximadamente 13,4% da área metropolitana, se inundariam. (Costa et al., 2010).

Recife tem implementado políticas e esquemas para ajudar comunidades locais e o ambiente. A cidade está realizando um projeto a longo-prazo chamado Recife 500 anos, a cidade que queremos (Recife 500 years, the city we want), que concluirá em 2037 (CAU/PE, 2012). A iniciativa visa melhorar a inclusão social e acelerar o desenvolvimento humano através do investimento em sistemas de distribuição espaciais urbanas e mobilidade, desenvolvimento econômico, sustentabilidade ambiental e serviços públicos. Exemplos de iniciativas de planejamento urbano dentro deste marco incluem o Parque Capibaribe – Caminho da Capivara (Capibaribe Park – Capybara’s Path) e a participação brasileira no projeto UrbanLEDS. A cidade atualmente está preparando políticas municipais de baixas emissões em desenvolvimento urbano. Esperamos que esta pesquisa colabore no desenho de políticas municipais e ajude as metas climáticas e de desenvolvimento da cidade.

## Propósitos e Objetivos

Qual é a melhor maneira que uma cidade poderá escolher um caminho energeticamente mais eficiente, em baixo carbono? É importante demonstrar os benefícios locais das ações climáticas para mobilizar o compromisso político e atrair uma ampla variedade de atores. Até mesmo onde há um vasto interesse nessa transição, existem grandes obstáculos que frequentemente impedem as cidades de trabalhar em agendas de longo alcance. A ausência de uma base de evidências confiável e localmente apropriada faz com que seja particularmente difícil para os tomadores de decisão de agir.

Este estudo tem como objetivo fornecer uma base de evidências para Recife, e para utilizá-la para examinar quando há um estudo de caso econômico que poderá ser usado para garantir investimentos de baixo carbono e grande escala. Para isso, mapeamos grandes tendências no uso energético, gasto energético e emissões de carbono em Recife, e examinar as implicações do desenvolvimento dos ‘business as usual’ na cidade. Isto nos dá um contexto a nível macro para explorar o valor das medidas de baixo carbono. Também preparamos listas priorizadas das medidas mais custo e carbono-eficientes que poderiam realmente ser promovidas entre os edifícios residenciais, comerciais e públicos e nos setores de transporte e resíduos dentro da cidade. De acordo com essas premissas, o objetivo é considerar se há um caso econômico para investimentos mais robustos em eficiência energética, energias renováveis e outras medidas de baixo carbono na cidade, e se esses investimentos têm o potencial para fomentar a transição da cidade para o desenvolvimento de baixo carbono a um custo mais reduzido.

A base de evidências se destina a informar durante o processo de formulação de políticas e desenho de programas tanto por setores individuais ou a cidade como um todo. Ao identificar as medidas mais custo e carbono-eficientes, nosso objetivo é ajudar aos departamentos governamentais, agências de desenvolvimento, indústria e organizações da sociedade civil a projetar estratégias climáticas que explorem as medidas economicamente mais atrativas. Esta base de evidências tem o potencial de sustentar as propostas nacionais para fundos internacionais sobre clima, bancos de desenvolvimento e outras organizações financeiras, contribuindo assim para o desbloqueio e investimento em grande escala no desenvolvimento em baixo carbono.

# Capítulo 2.

## Abordagem

### Análise da Linha de Base

A linha de base é extensivamente extraída do inventário das emissões dos Gases de Efeito Estufa da Cidade de Recife em 2012, utilizando a metodologia Protocolo Global de Comunidades, desenvolvida pelo ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade como parte do Projeto Urban-LEDS (Promovendo Estratégias de Desenvolvimento Urbano de Baixo Carbono). Esta proporcionou uma visão geral do consumo de energia por tipo de combustível e tipo de consumidor. Em seguida utilizamos tendências a nível do Estado no consumo de energia obtidas a partir do Ministério de Minas e Energia para estimar níveis de mudanças anteriores e a composição do fornecimento e demanda energética em Recife. Repetimos tal análise para a oferta energética de uma gama de diferentes setores e da demanda nos setores residencial, comercial, transportes e indústria. Também avaliamos o setor de resíduos, uma vez que é responsável pela geração de gases de efeito estufa e ao mesmo tempo tem o potencial de gerar energia, com estimativas de mudar a produção de resíduos com base no tamanho da população e a sua renda média per capita.

Utilizamos estes dados para desenvolver as linhas de bases do “business as usual” de acordo com a continuação de suas tendências até 2030. Estas linhas nos permite prever os futuros níveis e formas da oferta e demanda energética, como também os futuros gastos com energias e pegadas de carbono. Os cálculos das mudanças de intensidade de carbono no consumo elétrico são baseados nos investimentos previstos para a geração de energia. Comparamos todas as atividades futuras em relação a estas linhas de base.

As listas de todos os participantes das oficinas com os especialistas estão apresentadas no Anexo A, enquanto as explicações detalhadas sobre as fontes de dados, métodos e pressupostos utilizados no desenvolvimento dos cenários de referência estão apresentados no Anexo B.

### Identificação e Avaliação-Definição de Medidas

Desenvolvemos listas de todas as energias eficientes, tecnologias renováveis de pequena escala e outras medidas de baixo carbono que poderiam potencialmente ser aplicadas nos edifícios residenciais, comerciais e públicos, além dos setores de energia e resíduos da cidade. A Indústria foi excluída desta etapa para estar de acordo com o Plano piloto da cidade. A cidade do Recife limita a quantidade e tipo de atividades industriais dentro da área metropolitana e ainda limitou a pegada de carbono das indústrias remanescentes.

Incluimos medidas tecnológicas e comportamentais em nossas análises. A longa lista de todas as potenciais medidas foram desenhadas a partir de uma extensa análise literária e consultas aos stakeholders, concluindo na exclusão de todas as opções não aplicáveis ao contexto brasileiro. Os resultados formam as listas finais de medidas por cada setor. Estas listas finais não são necessariamente exaustivas – algumas medidas podem ter sido omitidas, enquanto outras podem não ter sido incluídas devido a ausência de dados de desempenho das mesmas.

Novamente utilizando-se de extensas análises literárias e consultas aos stakeholders, avaliamos a performance de cada medida das listas finais. Consideramos os custos capital, de funcionamento e manutenção de cada medida, enfocando os custos marginal ou extra na adoção de alternativas energéticas mais eficientes ou de baixo carbono. Em seguida conduzimos uma avaliação realista da economia possível de cada medida durante sua vida útil, tendo em consideração o tempo gasto para sua instalação e performance. Como cada medida poderá durar muitos anos, incorporamos as mudanças de intensidade de carbono no consumo elétrico (baseados nos investimentos previstos pro setor elétrico) e assumimos um aumento médio anual de 2% nos preços reais (incluindo energia).

Algumas das medidas interagem entre si, de modo que seu desempenho depende se outras medidas são ou não adotadas. Por exemplo, a economia de emissões de carbono geradas por padrões de construções verdes dependem também se os padrões de eficiência energética dos equipamentos de ar-condicionado são cumpridas. Analogicamente, a economia em energia gerada pelo uso de bicicletas depende do impacto na porcentagem modal que representa sobre os diferentes meios de transporte.

Para contabilizar essas interações, calculamos o impacto de cada medida no fornecimento de energia se fosse adotada independentemente das condições do “business as usual”. Estes cálculos sustentam-alimentam-suportam os gráficos das tabelas classificativas, nossas listas prioritárias de diferentes opções. Quando determinamos a potencial economia gerada através de um setor ou através da economia da cidade, calculamos o efeito de cada medida em outras medidas a fim de avaliar o desenvolvimento real do impacto combinado das mesmas. Por exemplo, qualquer economia de energia resultada dos sistemas de resfriamento passivo dos edifícios reduz o potencial de mitigação dos sistemas de ar-condicionado mais eficientes.

Estas avaliações e cenários são então submetidos a uma avaliação participativa em workshops com especialistas a fim de garantir que sejam o mais realista possível. A lista de todas as medidas consideradas nas análises estão apresentadas na Tabela 1. Um relatório detalhado sobre as fontes de dados e premissas utilizadas nas avaliações das opções está presente no Anexo C.

**Tabela 2. Listas de medidas de Baixo Carbono consideradas.**

Setor	Medidas de Mitigação
<b>Edifícios Comerciais e Públicos</b>	Ar-Condicionado – padrão de eficiência energética, elevadores, escadas-rolantes – padrões de eficiência energética, padrões edifícios verdes, Iluminação Pública com LED, renovação da construção com vidros duplos insulados e com isolamento de poliestireno, estabelecer metas LED, Paineis Solares (a-Si) Fotovoltaicos (PV), painéis solares PV (HIT), desligar as luzes.
<b>Edifícios Residenciais</b>	Ar-Condicionado – padrões de eficiência energética, gestão do consumo elétrico de aparelhos, sistemas de refrigeração passivos em novos edifícios – resfriamento por evaporação via telhados porosos ---- permeáveis – high albedo, refrigerador – padrões de eficiência energética, estabelecer objetivos LED, chuveiros elétricos movidos a energia solar, painéis solares fotovoltaicos (a-Si), painéis solares PV (HIT), televisão – padrões de eficiência energética, desligar as luzes, máquinas de lavar – padrões de eficiência energética.
<b>Transporte</b>	BRT – Leste-Oeste, BRT – Norte-Sul, expansão da capacidade dos BRT Norte-Sul e Leste-Oeste, Taxis movidos a GNV, estabelecer objetivos de GNV para veículos privados, construção de ciclovias, conversão da frota de ônibus existente para uso do biodiesel, conversão da frota de ônibus existente para híbrida até 2030, conversão da frota de ônibus existente para GNV até 2030, expansão do sistema de empréstimo de bicicletas, Normas da UE de emissão de carbono para veículos, aumento do sistema de ônibus, aumento do sistema de ônibus movido a GNV, aumento do serviço de ônibus com sistema híbrido, investimentos para ampliação do uso e segurança do transporte público, rotulagem obrigatória sobre eficiência combustível, expansão do metrô, expansão de zonas azuis, subsídios para retirada de circulação de veículos antigos – dinheiro, subsídios para a retirada de veículos antigos – incentivos para híbridos, trabalho remoto.
<b>Resíduos</b>	Compostagem centralizada, energia gerada dos resíduos (combinação calor e energia), energia dos resíduos (eletricidade), compostagem doméstica, renovação da coleta de resíduos híbridos, incineração, queima de Biogás (LFG), utilização do Biogás (LFG), programa de reciclagem, prevenção de resíduos.

## **Avaliação das possibilidades de implantação**

Avaliamos o potencial alcance para a implantação de cada medida em Recife até 2030. Calculamos a implantação não somente para os setores como um todo, mas também para os subsetores, tendo em consideração, por exemplo, a possibilidade de mudança em residências com rendas e formas de consumo de energia diferentes, ou a possibilidade de uma opção para reduzir as emissões de alguma corrente de resíduos.

Baseado em consultas aos stakeholders, desenvolvemos taxas realistas e ambiciosas de implantação – com taxas realistas sendo baseadas em níveis de uptake alcançáveis, readily achievable levels of uptake, e taxas ambiciosas assumindo taxas de implantação ou compreendendo que poderiam ser alcançadas com políticas de apoio e condições favoráveis apropriadas. Estas avaliações consideram o “tempo de vida” e as taxas de renovação das medidas existentes que poderiam ser substituídas por alternativas energéticas mais eficientes ou de baixo carbono, e também taxas de mudança e crescimento nos setores relevantes da cidade.

Novamente, sujeitamos nossas avaliações de alcance para implantação para uma revisão participativa em oficinas com especialistas para garantir que fossem o mais realista possível. Um relatório detalhado sobre as fontes de dados e premissas utilizadas nas avaliações das opções de baixo carbono está presente no Anexo C.

## **Conjunto das Necessidades de Investimentos e Oportunidades**

Reunimos os resultados de nossas avaliações de performance de cada medida, e as possibilidades de implantação de cada medida, para determinar o impacto combinado das medidas sobre a cidade como um todo. Isto nos permitiu entender as necessidades globais de investimentos e retornos, como também os impactos na demanda e oferta de energia nos diferentes setores da cidade. Também nos permitiu gerar tabelas classificativas das medidas com melhor custo-benefício e mais carbono-eficientes que poderiam ser adotadas em cada setor e através da cidade como um todo.

## **Análise de Multi-critério**

Os Stakeholders identificados pelos autores e financiadores foram convidados a participar dos workshops em Recife e São Paulo. Os participantes representaram os setores político, comercial e da sociedade civil (uma lista completa dos participantes está disponível no Anexo A). Foram conduzidas quatro sessões, uma para cada setor do doméstico, público e comercial, transporte e resíduos. Em cada um, os participantes foram iniciados-recebidos com uma breve apresentação geral do projeto e as metas das análises de multi-critério (MCA).

Para cada setor, os participantes receberam uma lista das medidas de baixo carbono (algumas opções foram agrupadas a fim de reduzir o número de a serem avaliadas). Em seguida, os participantes foram questionados a avaliarem cada medida de acordo com 5 critérios gerais: aceitação política, aceitação pública, capacidade para implementação, impactos positivos no desenvolvimento humano e impacto positivo no ambiente. Os participantes expressaram suas percepções sobre cada medida pontuando-as de 1 a 5, onde 5 indica que a medida teria um desempenho muito bom e 1 indica que a medida teria um desempenho muito pobre. Participantes também foram convidados a considerar se algumas das medidas necessitava ser alterada ou se algumas medidas adicionais deveriam ser consideradas. Quando as revisões foram apresentadas, os participantes também foram consultados para pontuar as novas medidas seguindo os mesmos critérios das medidas originalmente avaliadas.

A fim de desenvolver uma classificação geral para cada medida ou grupo, os participantes foram consultados em grupo para assignar uma porcentagem ponderada para cada um dos cinco critérios apresentados. A pontuação total de cada opção ou grupo de opções foi então calculada utilizando a média ponderada das mesmas.

# Capítulo 3.

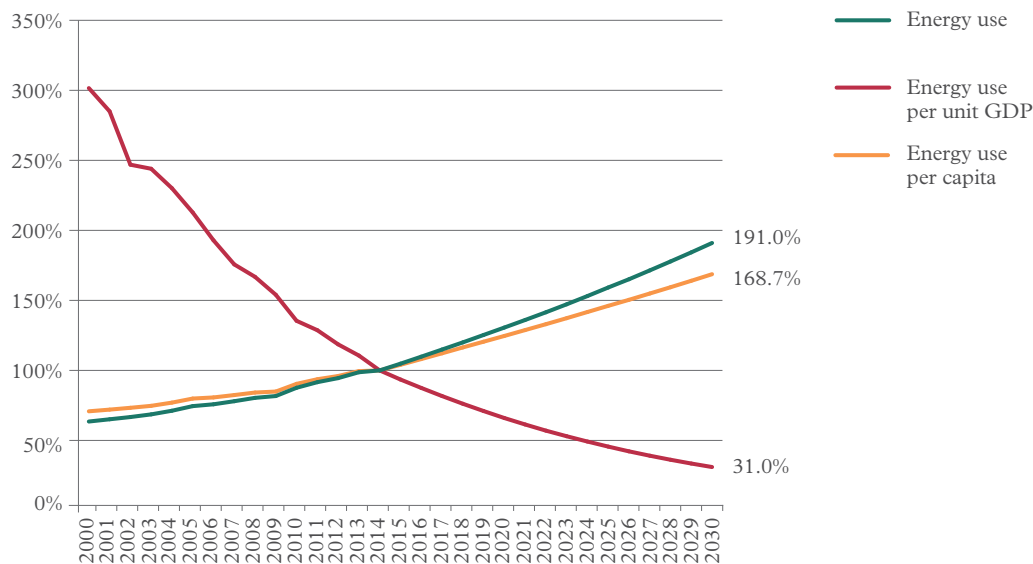
## Resultados principais

### O contexto variável e os impactos das tendências do ‘Business as Usual’

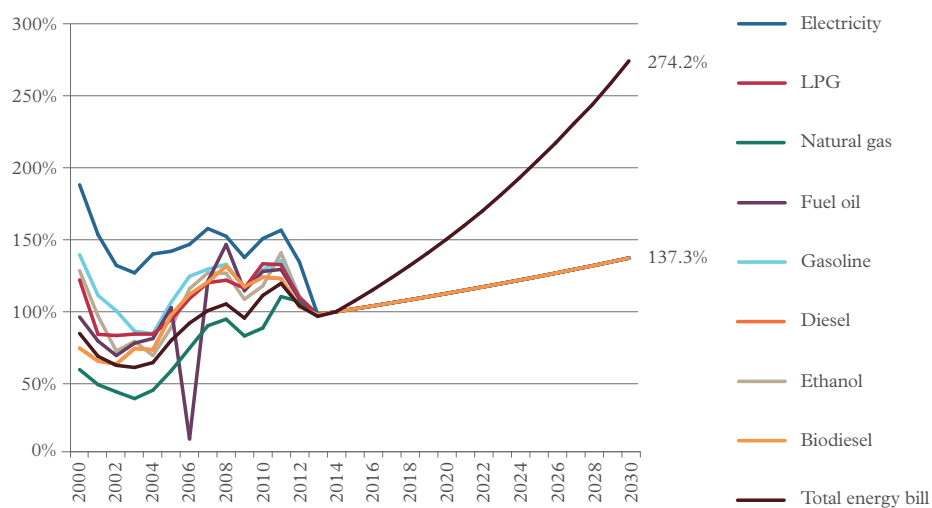
As tendências dos “Business as usual” em Recife mostram uma significativa queda entre produção econômica e uso de energia entre 2000 e 2030 (ver Figura. 1). No entanto, o PIB e a demanda energética per capita estão crescendo de forma constante, enquanto a população do Recife também está em crescimento. Estes efeitos estão compensando as recentes melhorias na intensidade energética e levando a um aumento líquido no uso de energia.

A rede elétrica que atende ao Recife depende principalmente da hidroeletricidade. O custo real da energia no Brasil não mudou significativamente desde 2000. No entanto, os brasileiros tiveram acesso a energia a muito baixo custo no começo dos anos 2000 e enfrentaram custos mais caros nos últimos 5 anos. Assumimos então um crescimento de 2% ao ano nos custos reais de energia até 2030. O aumento dos preços reais combinados com o aumento no consumo de energia nos leva a concluir que, baixo as condições do “business as usual”, o custo total de energia para Recife aumentará em quase o triplo comparado aos níveis de 2014 até o ano de 2030 (ver Figura 2).

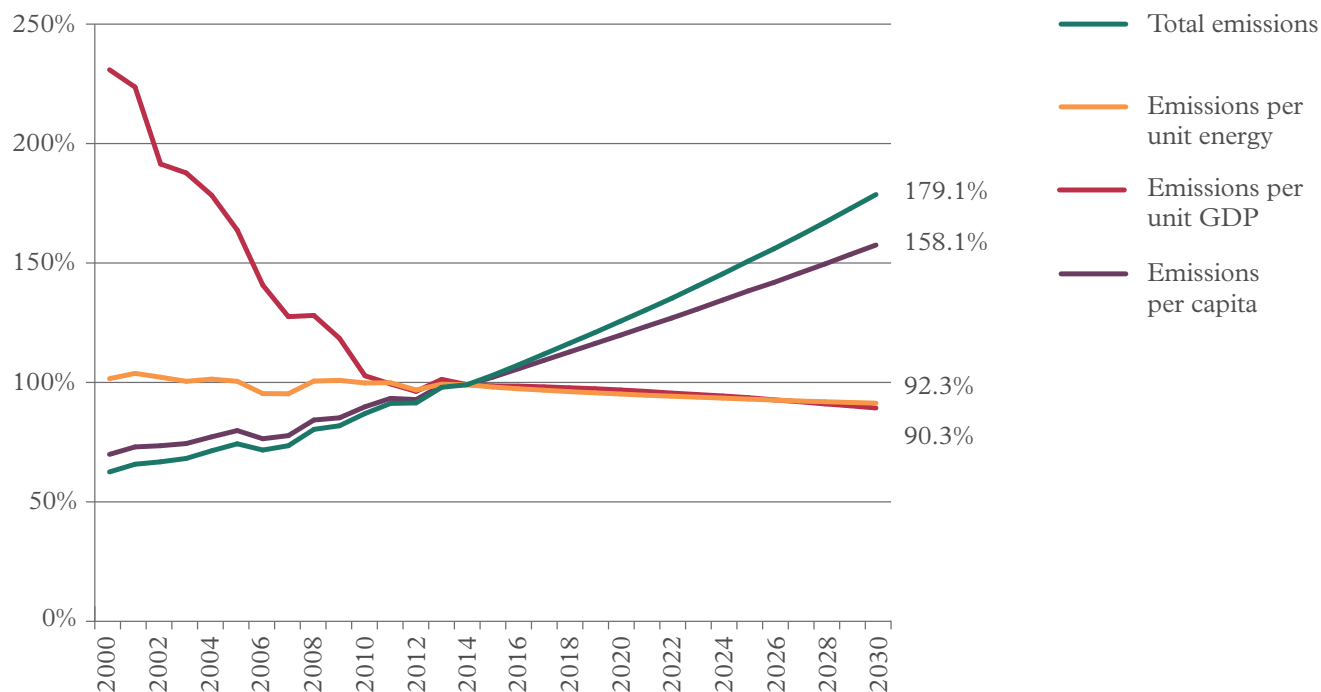
**Figura 1: Indexed energy use – total, per capita and per unit of GDP.**



**Figura 2: Indexed energy prices and total energy bill. Since we assume that all energy prices rise at 2% per annum, all energy prices will increase by 37.3% between 2015 and 2030.**



**Figura 3: Emissões indexadas – total, por unidade de energia, por unidade do PIB e per capita.**



Apesar de um leve aumento da intensidade de carbono da energia elétrica, a mudança de combustível significa que a intensidade de carbono no consumo de energia em Recife está estimada em diminuir ligeiramente até 2030. Quando esta tendência é combinada com um crescimento econômico acelerado, as emissões produzidas pelas unidades do PIB serão reduzidas lentamente entre 2014 e 2030. As melhorias na intensidade de carbono do PIB estão projetadas para diminuir devido a redução das taxas de crescimento econômico e o rápido crescimento dos transportes carbono-intensivo na cidade. É importante ressaltar que, apesar do fato da intensidade das emissões por unidade de energia e por unidade do PIB estão caindo lentamente, o rápido crescimento econômico e o crescimento populacional conduzirão a um rápido aumento nas emissões per capita e no total de emissões atribuídas a cidade. No cenário do “business as usual”, as emissões per capita em Recife tem um aumento previsto de 58.1% entre 2014 e 2030 (ver Fig. 3).

Para a cidade de Recife, as tendências dos “business as usual” conduzirão a um aumento do consumo total de energia em 91.0% dos 10.72 TWh em 2014 a um nível estimado de 20.47 TWh em 2030 (ver Figura 4).

Quando combinadas com um aumento estimado de 2% ao ano no preço real da energia, chegamos a um aumento da despesa total com energia de 174.2% de R\$ 23,79 bilhões (USD 1,45 bilhões) em 2014 para um nível projetado de R\$ 46,18 bilhões (USD 3,97 bilhões) em 2030 (ver Fig. 5).

Figura 4: Total do uso energético por setor em Recife, 2000 a 2030.

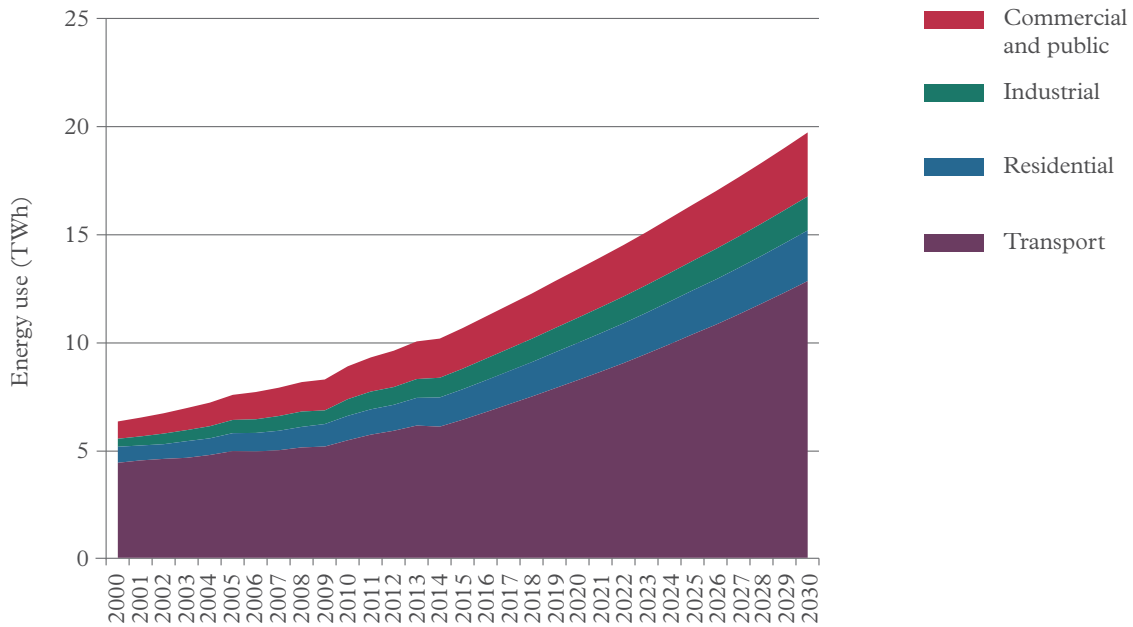
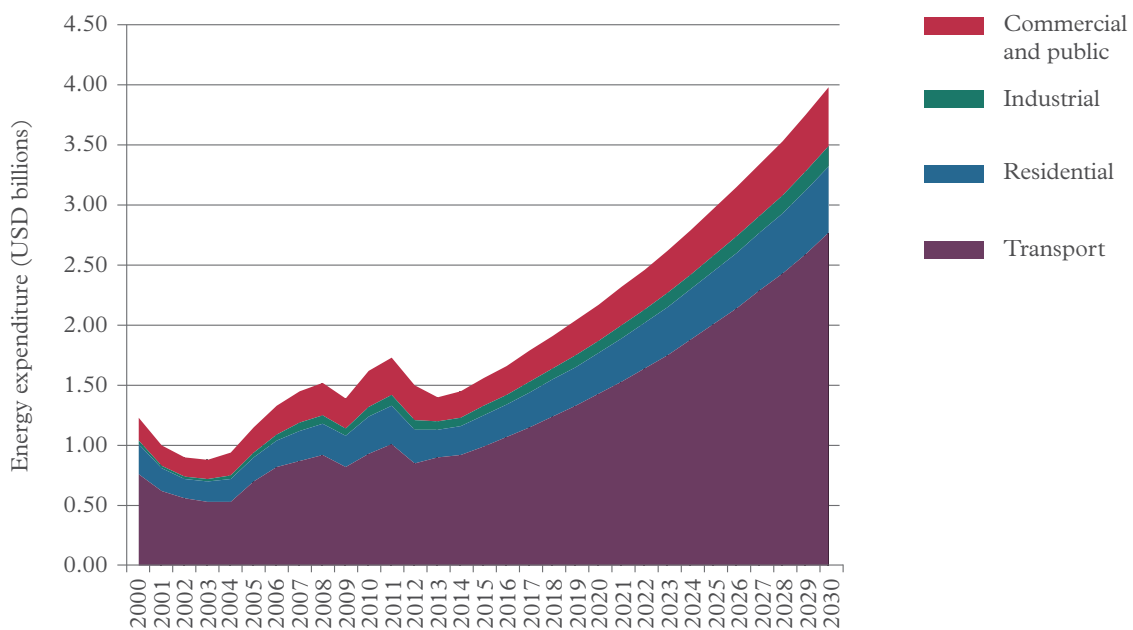
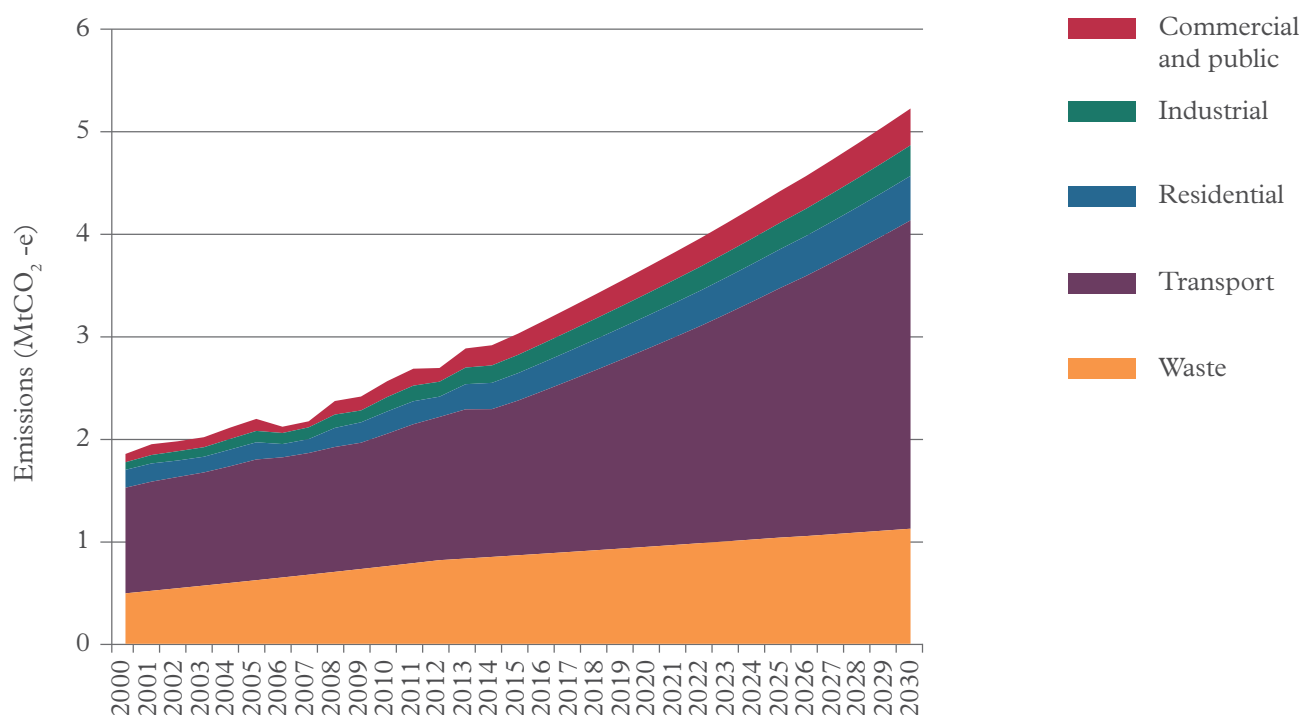


Figura 5: Total das Despesas com Energia por setor em Recife, 2000 a 2030.



Quando combinadas com níveis relativamente estáveis de emissão de carbono por unidade de energia consumida, isto nos conduz a um aumento nas emissões atribuídas ao consumo doméstico em 79,1% de 2.92 MtCO<sub>2</sub>-e em 2014 a um nível previsto de 5.22 MtCO<sub>2</sub>-e em 2030 (ver Fig. 6).

Figura 6: Emissões de Gás de Efeito Estufa por setor em Recife, 2000 a 2030.





## O potencial da redução de Carbono – Investimentos e Lucros

Nos encontramos que – comparadas a tendência do “business as usual” - Recife poderia reduzir suas emissões de carbono até 2030 em:

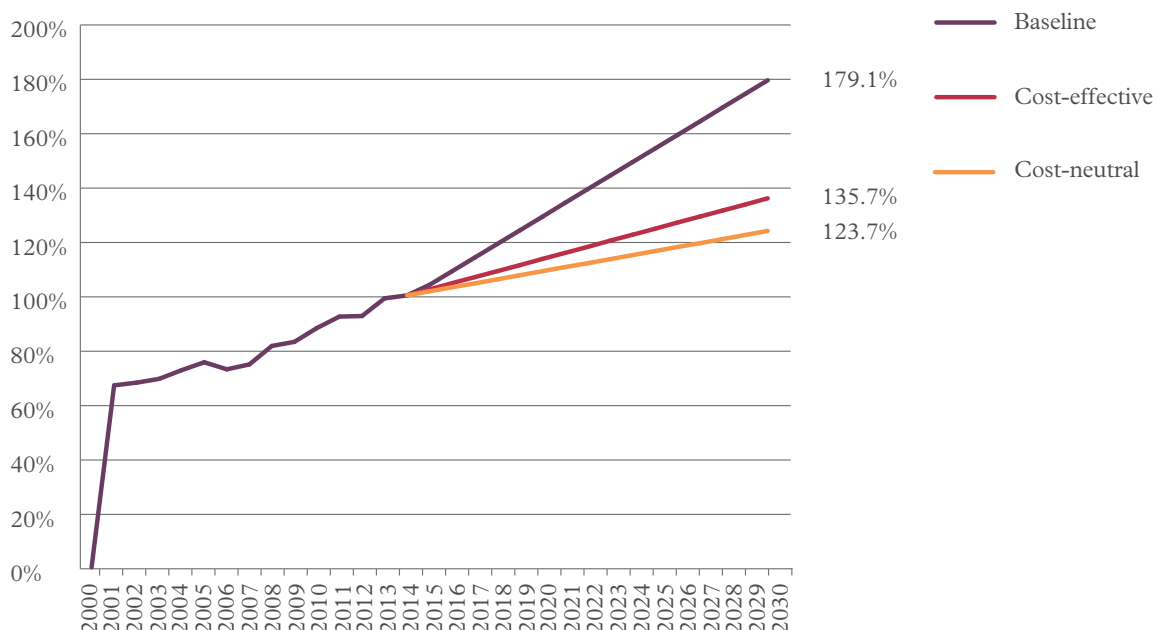
- 24,3% através dos investimentos custo-efetivos na cidade que poderiam auto-financiar-se em termos comerciais durante seu período de vida. Seria necessário um investimento de R\$ 7,79 bilhões (USD 3,32 bilhões), gerando uma economia anual de R\$ 1,37 bilhões (USD 585,25 bilhões), retornando o investimento em 5,7 anos e gerando uma economia anual para todo o período de aplicação da medida.
- 31,0% com medidas de custo-neutro que poderiam ser financiadas através do reinvestimento dos lucros gerados pelas medidas custo-efetivas. Seria necessário um investimento de R\$ 14,91 bilhões (USD 6,35 bilhões), gerando uma economia anual de R\$ 1,35 bilhões (USD 575,01 milhões), retornando o investimento em 11 anos e gerando uma economia anual para todo o período de vida da medida.

Encontramos que o setor de transporte detêm 58,1% do potencial total para investimentos custo-efetivos de baixo carbono, sendo o potencial remanescente distribuído entre o setor residencial (6,9%), o setor comercial (12,5%) e o setor de resíduos (22,5%).

Enquanto os impactos dos investimentos custo-efetivos reduzirão as emissões globais referentes as tendências do “business as usual”, estes não impediriam o aumento das emissões globais em números absolutos. Com a implementação de todas as opções de custo-efetivo, até 2030 as emissões estariam 35,7% acima dos níveis de 2014. Estas medidas economizarão R\$ 1,37 bilhões (USD 585,24 milhões) nos gastos com energia por ano, reduzindo a conta energética estimada em 12,1% do PIB para 8,6% em 2030. Com a adoção de todas as medidas de custo-neutro, as emissões da cidade aumentariam em 23,7% acima dos níveis medidos em 2014 ao invés dos 79.1% previamente estimados.

Entretanto, investimentos em opções custo-efetivo e custo-neutro podem proporcionar mais tempo necessário para que as cidades se empenhem nas reduções de emissões permanentes. Se todas as opções custo-efetivas forem implementadas, o Time to Reach BAU Emission Levels (TREBLE) relativo a 2030 em Recife será de 22 anos. Se as medidas de custo-neutro forem implementadas, as emissões somente alcançarão os níveis do “Business as Usual” de 2030 em 43 anos. Em outras palavras, os níveis de investimento economicamente neutros em mitigação climática poderão manter as emissões de Recife menores as tendências do “business as usual” pelas próximas décadas, dando mais tempo aos formuladores de políticas para construir o contexto político e as capacidades técnicas, financeiras e institucionais necessárias para mudanças mais ambiciosas no formato e funcionamento urbano.

Figura 7: Emissões de Recife sobre três cenários diferentes, de 2000 a 2030.



# Capítulo 4.

## Resultados Específicos por Setor

Enfoque Sectorial

### Setor Comercial e Público



Os setores Comercial e Público são responsáveis por 83% da economia de Recife (World Bank, 2011) e por 17% do consumo de energia da cidade. Enquanto o setor consome GNV, óleo e gás natural, a eletricidade é disparadamente a principal fonte de energia. O setor comercial e público inclui eletricidade vendida como tarifa “comercial”, “energia pública”, “serviço público”, “iluminação pública” e “sinais de trânsito”. As empresas são, de longe, os maiores consumidores de energia do setor. Em 2012, o setor Comercial e Público foi responsável por 17,4% de toda a energia consumida, 18,7% dos gastos da cidade e 6,9% dos Gases de Efeito Estufa da cidade (exceto as emissões provenientes de transportes aéreos e aquáticos, que não cabem as autoridades municipais) (ICLEI, 2014).

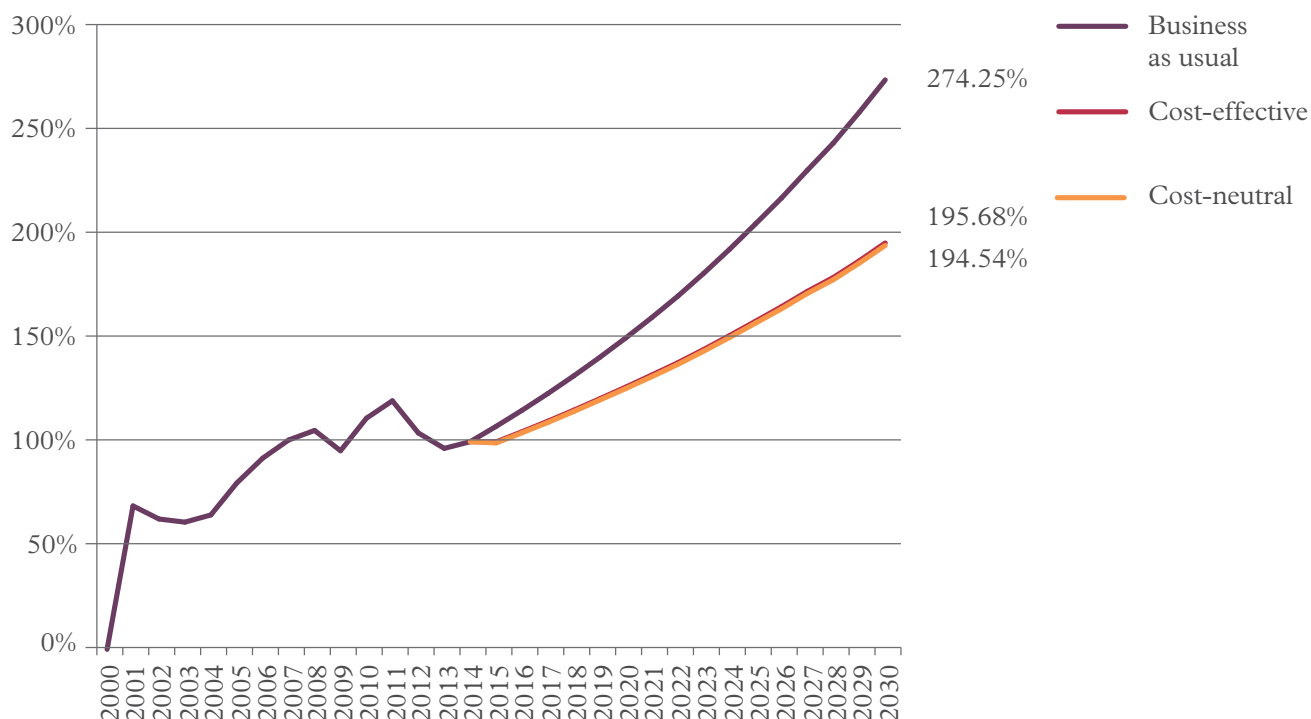
### O Contexto Variável e os Impactos das tendências do ‘Business as Usual’

O crescimento do setor terciário levou ao setor comercial a aumentar o seu consumo energético em 63,5% de 1.81 TWh em 2014 para um nível estimado de 2.96 TWh em 2030.

Quando combinado com o aumento real dos preços da energia, gera um aumento do gasto total em energia do setor comercial e público em 126,5%, passando de R\$ 506,49 milhões (USD 215,76 milhões) em 2014 para um nível estimado de R\$ 1,15 bilhões (USD 488,61 milhões) em 2030.

Quando combinado com o aumento dos níveis de emissão de carbono por unidade de energia consumida, isto leva ao aumento das emissões atribuídas ao setor comercial e público em 82.3% de 196,64 ktCO<sub>2</sub>-e em 2014 para um nível estimado de 358.53 ktCO<sub>2</sub>-e em 2030.

**Figura 8. Setor Comercial: uso de energia indexado, gastos com energia e emissões entre 2000 e 2030.**

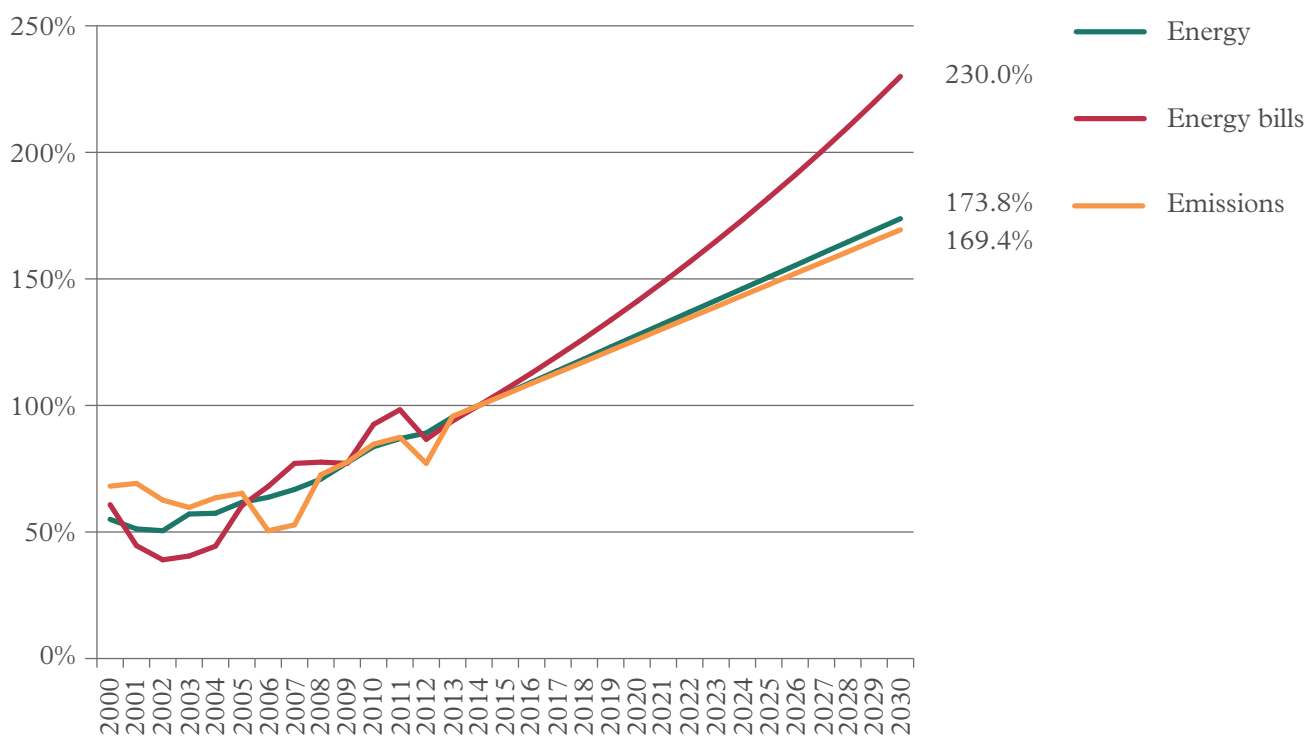


## O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros

Nos encontramos que – comparado com 2014 – as tendências do ‘business as usual’ em emissões de carbono podem ser reduzidas em:

- - 25,4% graças à rentabilidade dos investimentos, que poderiam ser auto-financiados em termos comerciais durante seu período de vida. Esta medida requiere um investimento de R\$ 2,71 bilhões (USD 1,15 bilhões), causando uma economia anual de R\$ 129 milhões (USD 54,91 milhões), retornando o investimento em 21 anos e gerando uma economia anual pelo tempo de vida da medida.
- 31,7% através dos investimentos de custo-neutro que poderiam ser financiados pelo reinvestimento do lucro gerado das medidas custo-efetivas. Esta medida requiere um investimento de R\$ 5,41 bilhões (USD 2,31 bilhões), gerando uma economia anual de R\$ 171,99 milhões (USD 73,22 milhões), retornando o investimento em 31,5 anos e gerando uma economia anual pelo tempo de vida da medida.

**Figura 9. Emissões do setor comercial baixo três cenários de investimentos diferentes, indexados em relação as emissões calculadas em 2014, entre 2000 e 2030.**



■ Cost effective

■ Cost neutral

■ All others including (“cost ineffective” and those mutually exclusive with other measures)

**Table 3. League table of the cost-effectiveness of low carbon measures in the commercial and public sector (BRL/tCO<sub>2</sub>-e and USD/t CO<sub>2</sub>-e).**

Posição	Medida:	R\$	USD
		/tCO <sub>2</sub> -e	/tCO <sub>2</sub> -e
1	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 1)	-9,887.01	-4,208.90
2	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 2)	-8,040.84	-3,422.99
3	Desligar luzes	-2,035.23	-866.40
6	Iluminação pública com LED	-1,840.90	-783.67
7	Metas LED (Edifícios comerciais)	-557.94	-237.51
8	Estabelecer metas LED (edifícios públicos)	-388.49	-165.38
9	Elevadores e Escadas Rolantes (Padrão de Eficiência Energética 1)	-1.84	-0.78
10	Elevadores e Escadas Rolantes (Padrão de Eficiência Energética 2)	-1.84	-0.78
11	Painel Solar a-Si fotovoltaico (PV)	19.93	8.48
12	Painel Solar HIT fotovoltaico (PV)	219.70	93.53
13	Edifícios Verdes Padrão 2	2,536.82	1,079.93
14	Edifícios Verdes Padrão 1	2,960.27	1,260.19
15	Envidraçado duplo com vidros reflexivos e isolamento em poliestireno (edifícios comerciais)	18,770.55	7,990.62
16	isolamento em poliestireno (public buildings)	18,774.74	7,992.41

- Cost effective
- Cost neutral
- All others including (“cost ineffective” and those mutually exclusive with other measures)

**Tabela 4. Tabela classificativa da carbo-efetividade mas medidas de Baixo Carbono no setor comercial e público (ktCO<sub>2</sub>-e).**

Posição	Medida:	ktCO <sub>2</sub> -e (2015-2013)
1	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 2)	393.52
2	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 1)	393.52
3	Edifício Verde Padrão 2 - 100% dos novos edifícios	121.55
4	Meta LED (Edifícios comerciais) - 100% até 2030	109.09
5	Desligar luzes	66.41
6	Edifício Verde Padrão 2 - 50% dos novos edifícios	60.77
7	Edifício Verde Padrão 1 - 100% dos novos edifícios	60.77
8	Edifício Verde Padrão 1 - 50% dos novos edifícios	30.39
9	Painel solar HIT fotovoltaico (PV) – meta de 20MW adicionais até 2030	27.63
10	Painel Solar HIT fotovoltaico (PV) – meta de 10MW adicionais até 2030	13.81
11	Envidraçado duplo com vidros reflexivos e isolamento em poliestireno – renovação de 20% dos edifícios comerciais	13.76
12	Elevadores e Escadas Rolantes (Padrão de Eficiência Energética 2)	13.37
13	Iluminação Pública com LED	11.64
14	Painel Solar a-Si fotovoltaico (PV) - 20MW adicionais até 2030	10.24
15	Meta LED (edifícios públicos) - 100% até 2030	7.84
16	Envidraçado duplo com vidros reflexivos e isolamento em poliestireno – renovação de 10% dos edifícios comerciais	6.88
17	Elevadores e Escadas Rolantes (Padrão de Eficiência Energética 1)	6.69
18	Painel solar a-Si fotovoltaico (PV) - 10MW adicionais até 2030	5.12
19	Envidraçado duplo com vidros reflexivos e isolamento em poliestireno - renovação de 100% dos edifícios públicos	5.06
20	Envidraçado duplo com vidros reflexivos e isolamento em poliestireno – renovação de 50% dos edifícios públicos	2.53

Enfoque Sectorial

## Setor Residencial



As rápidas melhorias dos padrões de vida estão afetando e ao mesmo tempo afetando o aumento do uso de energia no setor residencial de Recife. Refrigeradores, freezers e iluminação são os principais usuários-finais de energia na região Nordeste, com crescente demanda liderada pelo aumento da quantidade de aparelhos de ar-condicionado e chuveiros elétricos (Ghisi et al., 2007). A procura para formas não-elétricas de energia é predominantemente para cozinhar. Em 2012, o setor residencial foi responsável por 12,8% de toda a energia consumida, 19,8% dos gastos da cidade com energia e 9,3% dos gases de efeito estufa de Recife (exceto as emissões provenientes de transportes aéreos e aquáticos, que não cabem as autoridades municipais) (ICLEI, 2014).

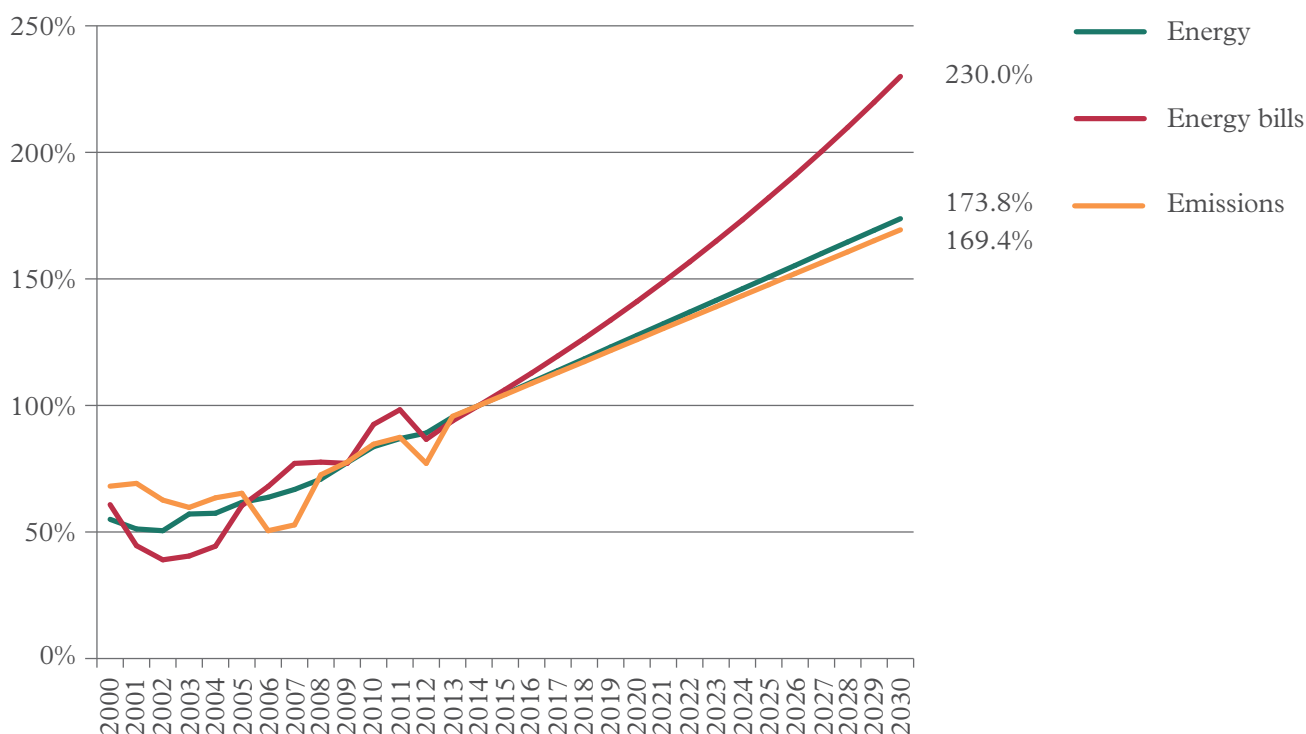
### Os impactos das tendências do ‘Business as Usual’

Para o setor residencial, as tendências de fundo-contexto sugerem um aumento substancial tanto no número de domicílios como nos níveis de consumo médio de energia por família. O consumo do setor doméstico está previsto para aumentar em 62,9% de 1,93 TWh em 2014 para um nível estimado de 3,15 TWh em 2030.

Quando combinadas com o aumento real dos preços de energia, isso leva ao aumento do gasto total do setor doméstico de energia em 125,6%, passando de R\$ 572,56 milhões (USD 243,90 milhões) em 2014 para um nível estimado de R\$ 1,29 bilhões (USD 550,34 milhões) em 2030.

Os aumentos acelerados no consumo de energia elétrica do setor residencial combinados com o aumento da intensidade de carbono da rede nos leva a um crescimento das emissões carbon atribuídas ao setor doméstico em 69,4% partindo de 256,27 ktCO<sub>2</sub>-e em 2014 para um nível estimado de 434,15 ktCO<sub>2</sub>-e em 2030.

**Figura 10. Setor Residencial: indexação do consumo de energia, despesas com energia e emissões entre 2000 e 2030.**



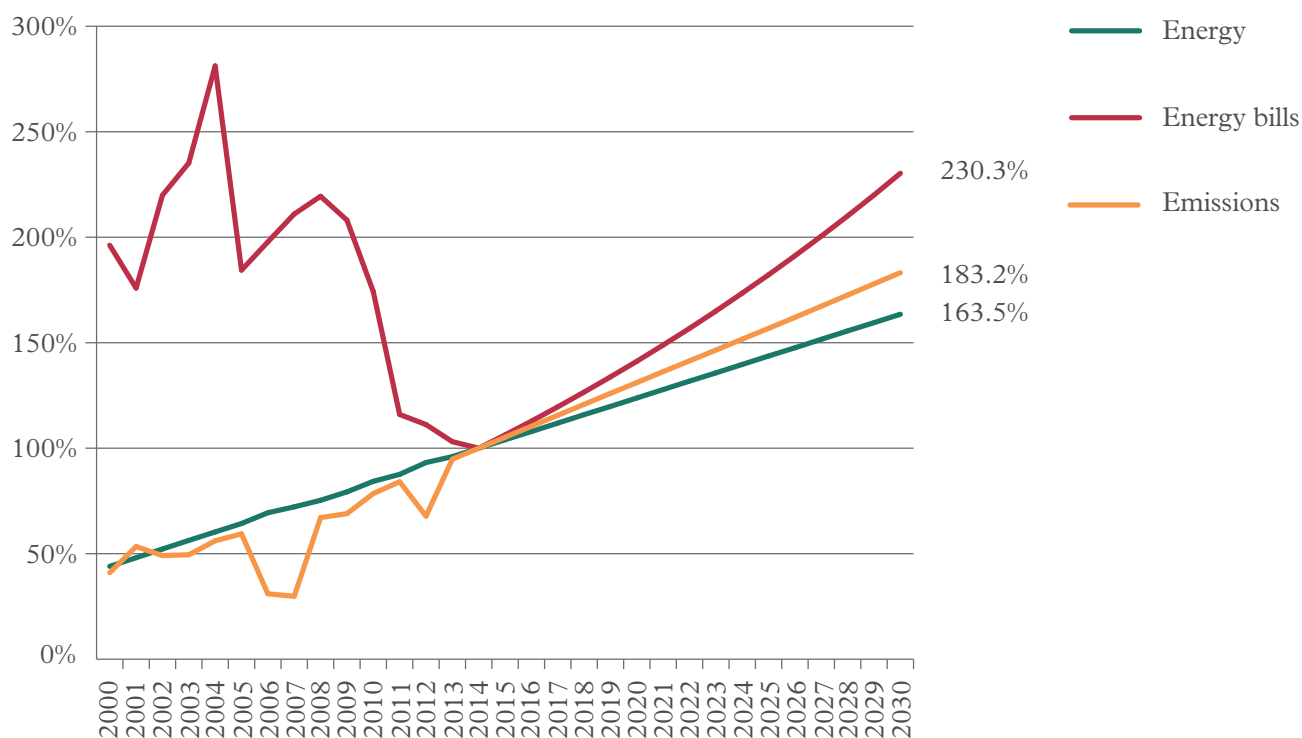


## O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros

Nos encontramos que – comparados com 2014 – estas tendências do ‘business as usual’ em emissões de carbono poderiam ser reduzidas em:

- 20,3% através dos investimentos custo-efetivos que poderiam ser auto-financiados em termos comerciais durante seu período de vida. Estas medidas requerem um investimento de R\$ 995,08 milhões (USD 423,60 milhões), gerando uma economia anual de R\$ 253,11 milhões (USD 107,75 milhões), retornando o investimento em 3,9 anos e gerando uma economia anual pelo tempo de vida da medida.
- 21,8% através dos investimento de custo-neutro que poderiam ser pagos através do reinvestimento dos lucros gerados com as medidas custo-efetivas. Isto requiere um investimento de R\$ 1,88 bilhões (USD 799,16 milhões), gerando uma economia anual de R\$ 271,82 milhões (USD 115,71 milhões), retornando o investimento em 6,9 anos e gerando uma economia anual por toda a duração das medidas.

**Figura 11. Emissões do setor residencial baixo três diferentes cenários de investimentos, indexadas de acordo com as emissões de 2014, entre 2000 e 2030**



## Avaliação das Opções

**Tabela 5. Tabela classificativa da rentabilidade das medidas de baixo carbono no setor residencial (R\$/tCO<sub>2</sub>-e e USD/tCO<sub>2</sub>-e).**

Posição	Medida:	R\$	USD
		/tCO <sub>2</sub> -e	/tCO <sub>2</sub> -e
1	Resfriamento passivo (evaporação via telhados porosos)	-3,106.72	-1,322.53
2	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 2)	-2,905.38	-1,236.82
3	Desligar luzes	-2,354.33	-1,002.24
6	Resfriamento passivo (alto albedo)	-1,920.56	-817.58
7	Resfriamento passivo (alto albedo e evaporação via telhados porosos)	-1,811.97	-771.36
8	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 1)	-1,052.05	-447.86
9	Ar-condicionado (Padrão de Eficiência Energética 2)	-1,001.20	-426.21
10	Painel Solar a-Si PV	-275.90	-117.45
11	Estabelecer metas LED de 50%	-113.91	-48.49
12	Painel Solar HIT PV	-76.13	-32.41
13	Controle de energia dos eletrodomésticos	-2.28	-0.97
14	Televisor (Padrão de Eficiência Energética 2)	-0.11	-0.05
15	Televisor (Padrão de Eficiência Energética 1)	-0.09	-0.04
16	Resfriamento passivo (isolamento térmico)	2,274.09	968.08
17	Chuveiro elétrico movido a energia solar	3,291.01	1,400.98
18	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 1)	1,680.09	715.22
19	Máquina de Lavar (Padrão de Eficiência Energética 1)	30,404.01	12,942.99
20	Máquina de Lavar (Padrão de Eficiência Energética 2)	30,404.01	12,942.99

**Tabela 6. Tabela classificativa da carbo-efetividade das medidas de baixo carbono no setor residencial (ktCO<sub>2</sub>-e).**

Posição	Medida:	ktCO <sub>2</sub> -e (2015-2030)
1	Painel Solar HIT PV – 10% das residências até 2030	225.56
2	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 2)	212.11
3	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 1)	169.33
4	Controle de energia dos eletrodomésticos	157.31
5	Painel Solar HIT PV – 5% das residências até 2030	112.78
6	Desligar luzes	100.77
7	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 2)	93.87
8	Painel solar a-Si PV – 10% das residências até 2030	83.59
9	Televisor (Padrão de Eficiência Energética 2)	66.11
10	Televisor (Padrão de Eficiência Energética 1)	61.35
11	Resfriamento passivo (alto albedo e resfriamento evaporativo via telhados porosos) – 100% dos novos edifícios	54.56
12	Painel Solar a-Si PV – 5% das residências até 2030	41.80
13	Chuveiro elétrico movido a energia solar – 40% das residências	39.99
14	Resfriamento passivo (alto albedo) – 100% dos novos edifícios	34.18
15	Resfriamento passivo (isolamento térmico) - 100% dos novos edifícios	32.98
16	Meta LED – 50%	29.09
17	Resfriamento passivo (evaporação via telhados porosos) – 50% dos novos edifícios	21.29
18	Chuveiro elétrico movido a energia solar – 20% das residências	19.99
19	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 1)	19.72
20	Resfriamento passivo (alto albedo e resfriamento evaporativo via telhados porosos) – 50% dos novos edifícios	17.09
21	Resfriamento passivo (alto albedo) - 50% dos novos edifícios	17.09
22	Resfriamento passivo (isolamento térmico) – 50% dos novos edifícios	16.49
23	Resfriamento passivo (evaporação via telhados porosos) – 100% dos novos edifícios	15.56
24	Máquina de Lavar (Padrão de Eficiência Energética 2)	2.89
25	Máquina de Lavar (Padrão de Eficiência Energética 1)	1.45

Enfoque Sectorial

## Setor Industrial



Pernambuco é o maior centro industrial do Nordeste brasileiro. As principais indústrias da região incluem processamento agrícola para a colheita da cana-de-açúcar, algodão e tabaco, manufatura de tecidos, bens de couro, eletrônicos e fármacos, refinamento de petróleo e indústrias de suporte, como também empresas do setor de serviços como tecnologia da informação para comunicação. As tendências de

Tendências de fundo e investimentos planejados sugerem uma expansão em curso da indústria e, conseqüentemente, uso industrial da energia. Porém, a maioria da atividade industrial está concentrada em áreas remotas de Recife, ao invés de localizar-se dentro das fronteiras municipais. Em 2012, o setor industrial foi responsável por 9,0% de toda a energia consumida, 5,5% dos gastos com energia da cidade e 6,3% das emissões de gases de efeito estufa de Recife (com exceção das emissões com o setor aéreo e marítimo, que não cabem as autoridades municipais.) (ICLEI, 2014).

### Os impactos das tendências do 'Business as Usual'

O consumo energético do setor Industrial está previsto para aumentar em 72,1% de 954.5 GWh em 2014 para um nível estimado de 1.57 TWh em 2030.

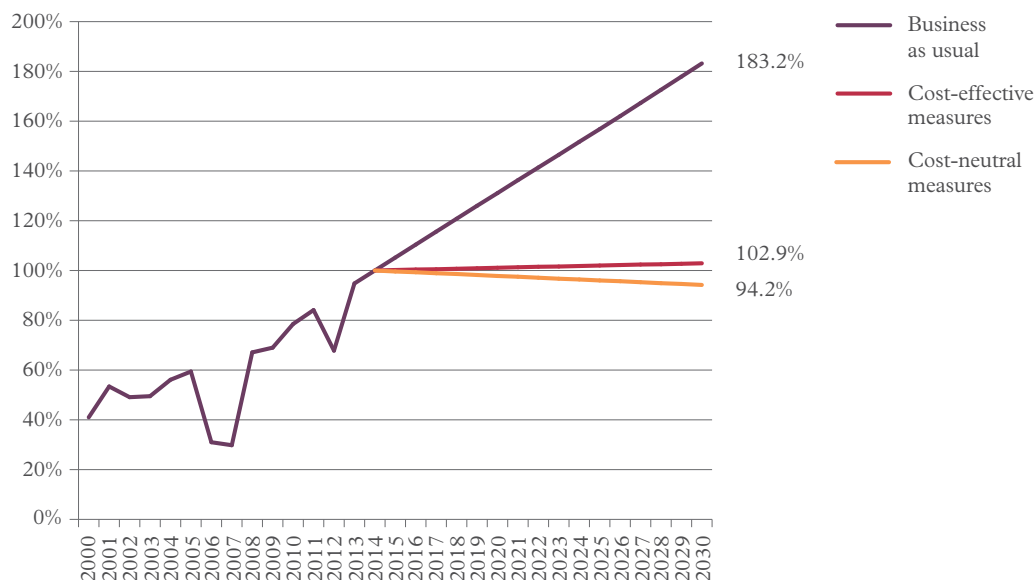
Quando combinados com o aumento real do custo da energia, isto leva a um aumento dos gastos do setor industrial com energia em 129,3% de R\$ 225,08 milhões (USD 101,88 milhões) em 2014 para um nível estimado de R\$ 516,01 milhões (USD 219,81 milhões) em 2030.

Os rápidos aumentos industriais no consumo de energia combinados com o aumento da intensidade de carbono da rede nos leva a um aumento nas emissões de carbono atribuídas ao setor industrial em 75,3% de 169.99 ktCO<sub>2</sub>-e em 2014 para um nível estimado de 297.92 ktCO<sub>2</sub>-e em 2030.

### O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros

Nós não avaliamos as medidas de baixo carbono para o setor industrial por duas razões. Primeiramente, não obtivemos dados sobre a composição do uso de energia do setor industrial, de forma que não foi possível avaliar a escala de oportunidades disponíveis. Em segundo lugar, as principais indústrias dentro dos limites de Recife não são muito carbono-intensivas (por exemplo, não há produção de cimento ou de aço). Isto significa que há menos informação disponível sobre a eficiência desse tipo de energia e outras medidas de baixo carbono disponíveis dentro dessas indústrias. No entanto, não acreditamos que isso será significativo já que as oportunidades mais significativas em termos de redução de emissões são susceptíveis de serem encontradas em setores emissores elevados, particularmente no de transporte, como é o caso de Recife.

**Figura 12. Setor Industrial: uso da energia, despesas energéticas e emissões indexadas entre 2000 e 2030.**



Enfoque Setorial

## Setor de Transporte



Recife é um grande hub para os transportes aéreo, marítimo, ferroviário e rodoviário. O setor de transportes é sem dúvida a maior fonte de emissões, apesar das ambiciosas políticas nacionais para promover a conversão aos biocombustíveis. As vendas de veículos leves no Brasil é atualmente dominada por modelos de combustível flex, que podem operar com qualquer mistura entre etanol e gasolina, o que ajuda a reduzir a intensidade do carbono no transporte em Recife. E cidade também é bem abastecida de transporte público, incluindo ônibus, trens, metrô e ainda conta com uma rede em expansão de ônibus de trânsito rápido (BRT) embora a proporção de viagens em transporte público tem diminuído com o aumento da aquisição do carro próprio (World Bank and PPPIAF, 2006). Em 2012, transporte terrestre foi responsável por 60,8% de toda a energia consumida, 56,0% da despesa energética da cidade e 53,3% das emissões de gases do efeito estufa da cidade (exceto as emissões do transporte aéreo e marítimo, que estão fora dos poderes municipais) (ICLEI, 2014).

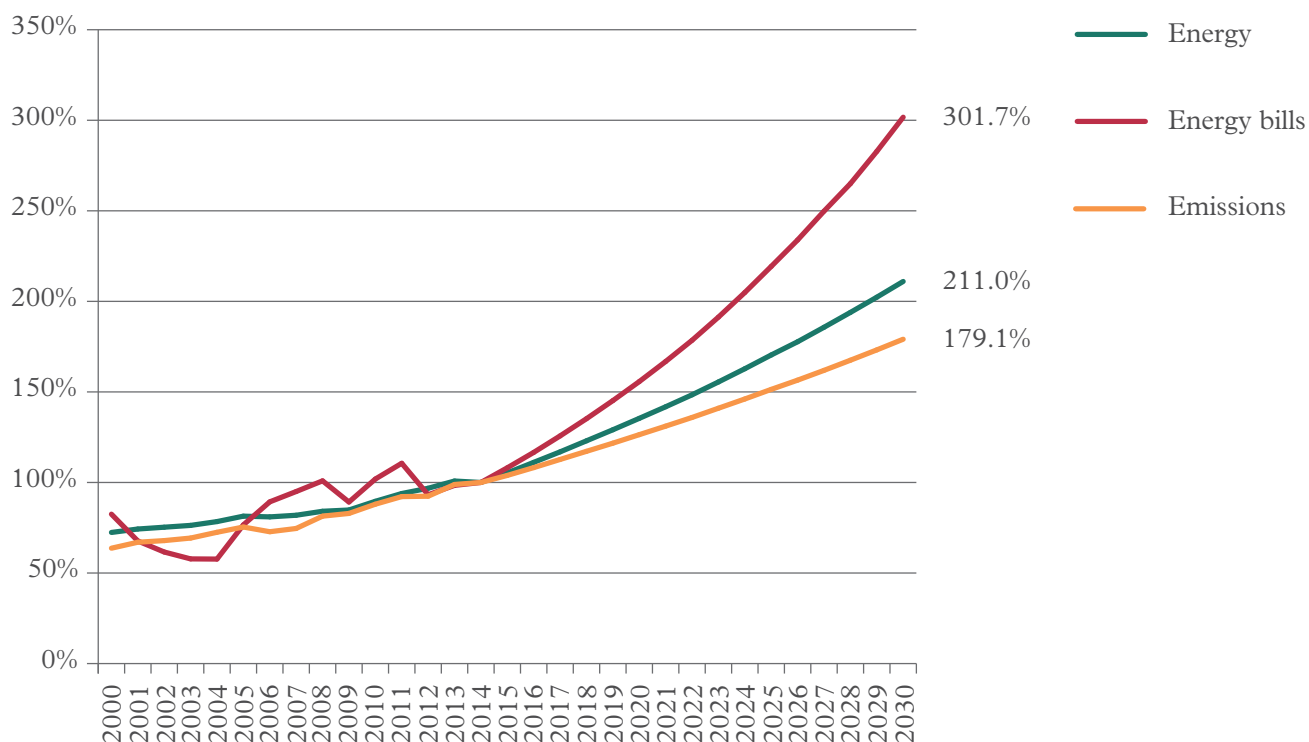
### Os impactos das tendências do 'Business as Usual'

No setor de transporte, as tendências de fundo sugerem um aumento substancial da frota de veículos em Recife. O crescimento do número de veículos leva o aumento do consumo de energia em 111,0%, de 6.38 TWh por ano em 2014 para um nível estimado de 12.79 TWh em 2030.

Quando combinado com o aumento do preço real da energia, isso leva ao incremento das despesas com energia do transporte em 201.8% de R\$ 2.15 bilhões (USD 916.40 milhões) em 2014 a um nível estimado de R\$ 6.49 bilhões (USD 2.77 bilhões) em 2030.

O rápido crescimento da aquisição dos veículos próprios está projetado para levar o as emissões de carbono do setor de transporte em aumentar 108,8%, passando de 1,44 Mt CO<sub>2</sub>-e em 2014 a um nível previsto de 3,01 Mt CO<sub>2</sub>-e em 2030.

**Figura 13: Setor de Transporte: indexação do consumo de energia, despesas energéticas e emissões de carbono entre 2000 e 2030.**

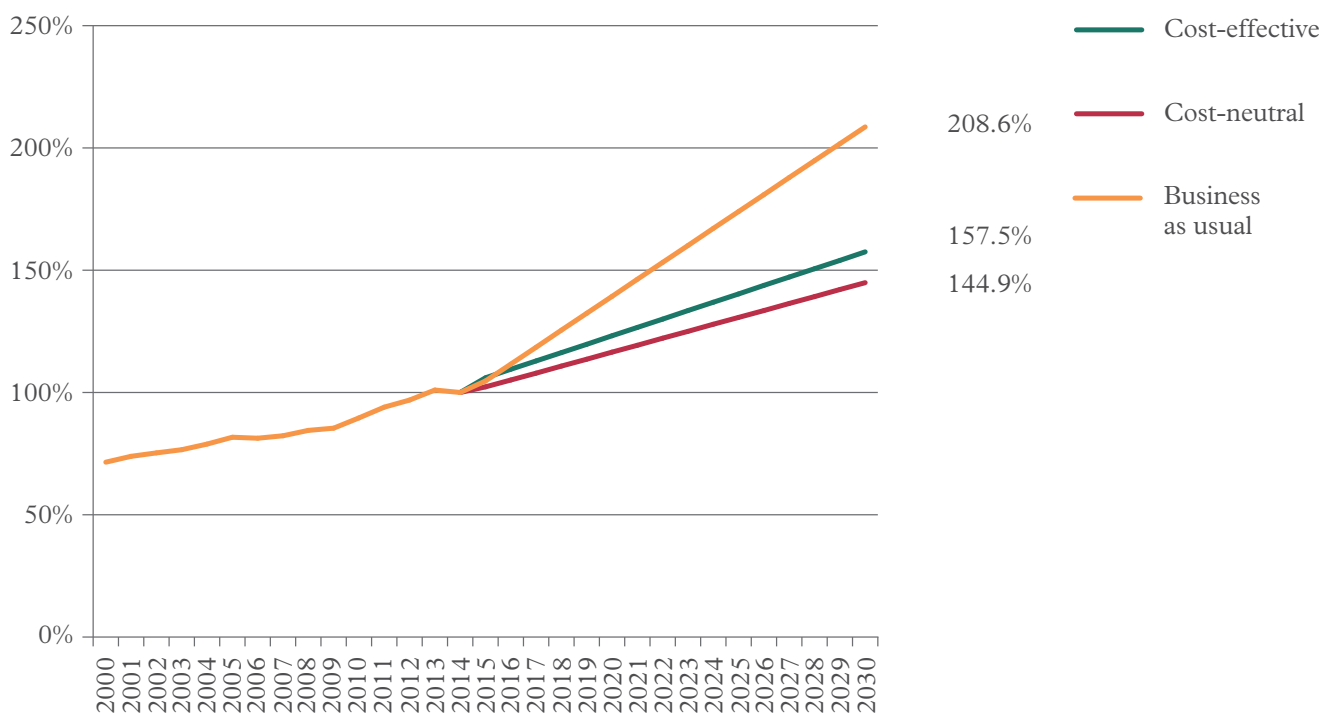


## O potencial para Redução do Carbono – Investimentos e Lucros

Encontramos que – comparado com 2014 – estas tendências de ‘business as usual’ em emissões de carbono poderiam ser reduzidas em:

- 24,5% através de investimentos custo-efetivos que poderiam mais que auto-financiar-se em termos comerciais por toda sua duração. Seriam requeridos um investimento de R\$ 3,27 bilhões (USD 1,39 bilhões), gerando uma economia anual de R\$ 834,33 milhões (USD 355,17 milhões), retornando o investimento inicial em 3,9 anos e gerando ainda uma economia anual por toda a duração da medida.
- 30,5% através de investimentos de custo-neutro que poderiam ser financiados através do reinvestimento dos lucros gerados com as medidas custo-efetivas. Isto exige um investimento de R\$ 6,59 bilhões (USD 2.80 bilhões), gerando uma economia anual de R\$ 740,94 milhões (USD 315,42 milhões), retornando o investimento em 8,9 anos e gerando uma economia anual por toda a duração da medida.

**Figura 14: Emissões do setor de transporte baixo três diferentes cenários de investimento, indexado as emissões de 2014, entre 2000 e 2030.**





## Avaliações de Opções

**Tabela 7. Tabela classificativa da rentabilidade das medidas de baixo carbono no setor de transportes (R\$/tCO<sub>2</sub>-e e USD/tCO<sub>2</sub>-e).**

Posição	Medida:	R\$	USD
		/tCO <sub>2</sub> -e	/tCO <sub>2</sub> -e
1	Conversão de 2000 taxis para GNV até 2030	-2,141.76	-911.75
2	Aumento do Serviço de Ônibus com GNV - 40%	-1,468.21	-625.02
3	Aumento do Serviço de Ônibus com GNV - 20%	-1,406.15	-598.60
4	Veículos movidos a CNG - 10% até 2030	-1,347.99	-573.84
5	Aumento do Serviço de Ônibus Híbrido - 20%	-477.52	-203.28
6	Aumento do Serviço de Ônibus Híbrido - 40%	-426.64	-181.62
7	Veículos adaptados aos Padrões da União Europeia de emissão de carbono	-425.43	-181.11
8	Rotulagem obrigatória sobre eficiência do combustível	-368.98	-157.07
9	Conversão da frota de ônibus atual para GNV até 2030	-302.45	-128.76
10	BRT – Norte-Sul	-254.48	-108.33
11	Trabalho Remoto	-223.75	-95.25
12	Expansão de Zonas Azuis	-209.43	-89.15
13	BRT – Leste-Oeste	-163.67	-69.67
14	Conversão da frota atual a híbridos até 2030	-112.41	-47.85
15	Empréstimo de Bicicletas - 2x o sistema atual	-2.76	-1.17
16	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos – voucher híbrido avaliado em USD 1.000	151.32	64.42
17	Converter a atual frota de ônibus ao biodiesel	214.35	91.25
18	Ciclovias - 56km	250.73	106.74
19	Investimentos no aumento do uso e segurança do transporte público	794.91	338.39
20	Expansão da capacidade do BRT Norte-Sul e Leste-Oeste	931.66	396.61
21	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos – pagamentos em dinheiro de of USD1,000	1,079.96	459.74
22	Aumento no serviço de ônibus - 20%	3,423.62	1,457.44
23	Expansão do Metrô	25,129.48	10,697.62

**Tabela 8. Tabela classificativa da eficiência de carbono das medidas de baixo carbono no setor de transportes (ktCO<sub>2</sub>-e).**

Posição	Medida:	ktCO <sub>2</sub> -e
1	Converter a atual frota de ônibus ao biodiesel	7,467.92
2	Adoção dos padrões de emissão da União Europeia para veículos	4,140.15
3	Conversão da frota atual a híbridos até 2030	3,006.82
4	Conversão da frota de ônibus atual para GNV até 2030	1,435.40
5	Aumento do serviço de ônibus híbridos - 40%	686.60
6	Street metering expansion	654.47
7	Aumento do Serviço de Ônibus com GNV - 40%	394.16
8	Aumento do serviço de ônibus híbridos - 20%	373.89
9	Aumento do Serviço de Ônibus com GNV - 20%	224.41
10	BRT – Norte - Sul	111.80
11	BRT – Leste - Oeste	96.94
12	Ciclovias - 56km	94.35
13	Empréstimo de Bicicletas - 2x sistema atual	78.63
14	Expansão do metrô	78.33
15	Converter 2000 taxis ao GNV até 2030	72.04
16	Aumento no serviço de ônibus - 20%	67.00
17	Investimentos para ampliação do uso e segurança do transporte público	62.90
18	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos – desconto em veículos híbridos (USD 1000)	39.48
19	Expansão da capacidade do BRT Norte-Sul e Leste-Oeste	20.33
20	Veículos movidos a GNV - 10% até 2030	18.69
21	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos (USD 1000)	13.83
22	Rotulagem obrigatória da eficiência do combustível	11.85
23	Teleworking	0.54

Enfoque Setorial

## Setor de Resíduos

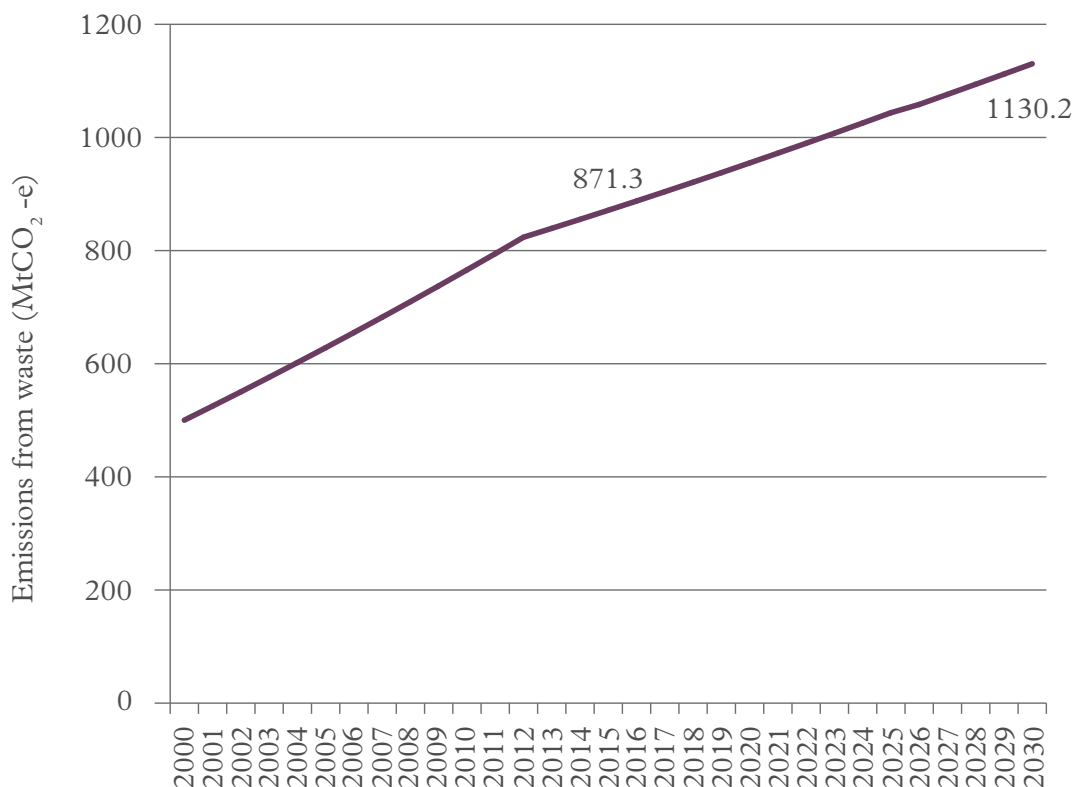


O crescimento populacional e econômico estão previstos para aumentar significativamente a geração residencial em Recife. A produção residencial está estimada para exceder milhões de toneladas por ano em 2025, composto em grande maioria pelos resíduos domésticos. Atualmente, menos de 2% dos resíduos são reciclados e os 98% restante são destinados para aterros. Em 2012, o setor de Resíduos foi responsável por 24.1% das emissões dos gases de efeito estufa da cidade (exceto as emissões do transporte aéreo e marítimo, que estão fora dos poderes municipais) (ICLEI, 2014).

### Os impactos das tendências do 'Business as Usual'

O rápido crescimento está projetado para aumentar as emissões de carbono do setor de resíduos em 22.0%, de 855.22 ktCO<sub>2</sub>-e em 2014 para um nível estimado de 1130.20 ktCO<sub>2</sub>-e em 2030 (ver Figura 15).

Figura 15: Emissões do setor de resíduos (ktCO<sub>2</sub>-e) entre 2000 e 2030.

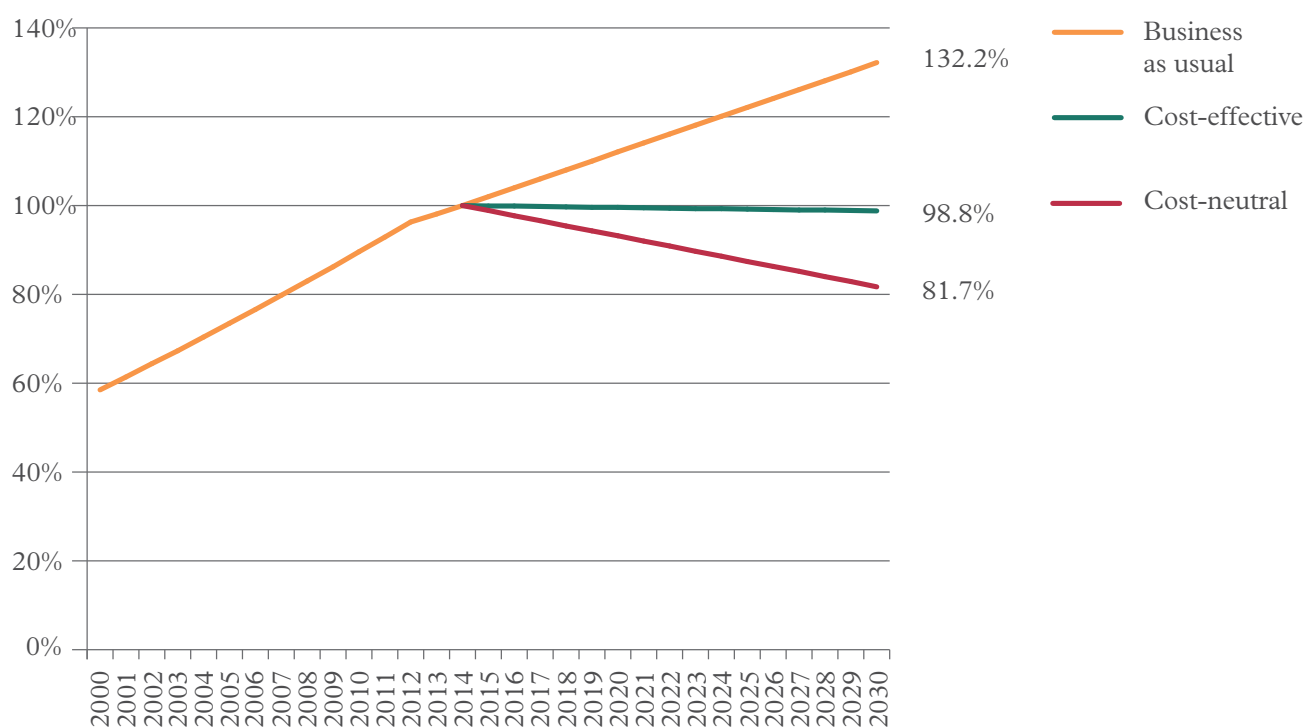


## O potencial da Redução de Carbono – Investimentos e Lucros

Nós encontramos que – comparado com 2014 – as tendências do ‘business as usual’ em emissões de carbono poderiam ser reduzidas em:

- 25,2% através de investimentos custo-efetivos que poderiam se auto-financiar em termos comerciais por toda sua duração. Isto requer um investimento de R\$ 811,04 milhões (USD 345,26 milhões), gerando uma economia anual de R\$ 158.35 milhões (USD 67.41 milhões), retornando o investimento em 5.1 anos e gerando uma economia anual por toda a duração da medida.
- 38,1% através de investimentos de custo-neutro que poderiam ser pagos com o reinvestimento dos lucros gerados com as medidas de custo-efetivo. Isto requer um investimento de R\$ 1.03 bilhões (USD 440.17 milhões), gerando uma economia anual de R\$ 165.98 milhões (USD 70.66 milhões), retornando o investimento em 6.2 anos e gerando uma economia anual por toda a duração da medida.

**Figura 16: Emissões dos resíduos baixo três cenários de investimentos diferentes, indexados as emissões de 2014, entre 2000 e 2030.**



## Avaliação de Opções

Tabela 9. Tabela Classificativa do custo-eficácia das medidas de baixo carbono no setor de resíduos (R\$/tCO<sub>2</sub>-e e USD/tCO<sub>2</sub>-e).

Posição	Medida:	R\$	USD
		/tCO <sub>2</sub> -e	/tCO <sub>2</sub> -e
1	Energia produzida dos resíduos (Calor e energia combinados)	-202.78	-86.32
2	Renovação da coleta de resíduos híbridos	-151.26	-64.39
3	Energia produzida dos resíduos (eletricidade)	-134.70	-57.34
4	Utilização do Biogás	-26.50	-11.28
5	Prevenção de resíduos - 10% dos resíduos	1.99	0.85
6	Compostagem centralizada	2.81	1.20
7	Prevenção de Resíduos - 5% dos resíduos	3.82	1.63
8	Queima de Biogás	16.75	7.13
9	Programa de Reciclagem - 40%	23.91	10.18
10	Compostagem doméstica - 30% yield	64.85	27.61
11	Compostagem doméstica - 15% do produzido	68.30	29.08
12	Programa de Reciclagem - 20%	79.65	33.91
13	Incineração	216.11	92.00

**Tabela 10. Tabela Classificativa da carbo-eficácia das medidas de baixo carbono no setor de resíduos (ktCO<sub>2</sub>-e).**

Posição	Medida:	ktCO <sub>2</sub> -e
1	Compostagem centralizada	7,878.44
2	Utilização de Biogás	4,333.67
3	Queima de Biogás	4,120.38
4	Energia produzida dos Resíduos (combinadas com calor e energia)	3,661.55
5	Incineração	3,538.34
6	Energia produzida dos Resíduos (eletricidade)	3,538.34
7	Compostagem Doméstica – 30% da quantidade produzida	2,541.35
8	Programa de Reciclagem - 40%	2,438.34
9	Compostagem doméstica – 15% da quantidade produzida	1,297.15
10	Programa de Reciclagem - 20%	1,105.77
11	Não Geração de Resíduos– 10%	1,133.51
12	Não Geração de Resíduos - 5%	590.67
13	Renovação da Coleta de Resíduos híbridos	28.11

# Capítulo 5.

## Aspectos econômicos para investimentos de Baixo Carbono

Muito das medidas de eficácia energética, energia renovável e de baixo carbono identificadas neste estudo deveriam ser atrativas aos atores do setor privado baixo as condições do “business as usual”. Este documento identifica medidas de baixo carbono emblemáticas e representam os casos de negócios para sua maior divulgação. Consideramos os custos, lucros e riscos dos seguintes investimentos em baixo carbono:

1. Conversão da atual frota de ônibus em veículos híbridos até 2030
2. Implementação dos padrões de emissão de carbono veicular aplicados na União Europeia
3. Utilização do Biogás
4. 100% de iluminação LED até 2030 em edifícios públicos e comerciais
5. 20% de melhoria na eficiência energética dos ar-condicionados
6. 20MW de painéis solares nos telhados residenciais com uma eficiência de ~17%

Há um aspecto econômico direto e privado para estas medidas de eficiência energética e energia renováveis. Estes investimentos também poderiam aumentar a competitividade econômica, segurança energética e intensidade de carbono de Recife. Estes exemplos demonstram que, levando em consideração as mudanças climáticas durante o planejamento dos negócios, poderá ser atraente em termo comerciais, mais além dos imensos benefícios de reduzir os impactos futuros das mudanças climáticas.

### Conversão da atual frota de ônibus em veículos híbridos até 2030

Esta medida prevê que a atual frota de ônibus em Recife seja substituída por ônibus diesel-híbridos até 2030. Tendo como base os estudos de caso da implementação dos ônibus híbridos nas cidades brasileiras e a consulta com membros da companhia de transportes de Recife - CBTU, os ônibus híbridos estão previstos para operar com 40% mais eficácia que a eficácia média da frota atual. De acordo com os dados sobre as taxas de aposentadoria de veículos, os cálculos econômicos estimam que os atuais ônibus na frota de Recife tem uma expectativa de vida média de 8 anos. Embora os ônibus híbridos costumam ter os custos operacionais não-combustíveis 13% mais caros e custos capitais 77% mais altos, os mesmos são previstos para operar por mais tempo, cautelosamente estimados em 10 anos.

Esta medida evitaria o consumo de 74.60 Milhões de litros de combustível, reduziria o gasto de energia em R\$ 283.89 Milhões (USD 120,85 milhões) e reduziria as emissões de gases de efeito estufa em 199,7 ktCO<sub>2</sub>-e. O aspecto econômico está apresentado na Tabela 11, assumindo um aumento anual de 2% nos preços reais da energia reais e uma taxa real de juros de 5%.

Os Principais riscos dos investimentos incluem:

1. Queda dos preços dos combustíveis reduziria a taxa de retorno esperada.
2. Queda no número de passageiros devido ao aumento dos veículos próprios reduziria a taxa de retorno esperada.
3. Custos operacionais ou de manutenção mais altos que o previsto poderiam reduzir a taxa de retorno esperada.

**Tabela 11. Aspectos econômicos para conversão da frota de ônibus para veículos híbridos em Recife.**

Valor líquido atual (USD)	Capital investido (USD)	Economia de energia em 2030	Valores economizados por ano (USD)	Retorno do investimento (anos)
127.53 milhões	609.10 milhões	724.14 GWh	71.34 milhões	6.8



### Padrões da União Europeia em Emissão de Carbono para veículos

Esta medida prevê que os formuladores de políticas nacionais no Brasil implementem as normas da União Europeia para emissões de carbono de veículos estabelecidas no Regulamento UE n.º 443/2009. Estes regulamentos prevêem que a frota de veículos leves produzidos pelas montadoras emitam, em média, 130gCO<sub>2</sub>/km a partir de 2015 e de 95 CO<sub>2</sub>/km a partir de 2021. Para veículos comerciais ligeiros esse regulamento estabelece um padrão de 175 CO<sub>2</sub>/km que entrarão em vigor em 2017 e uma meta de 147 CO<sub>2</sub>/km até 2020. Com base em uma análise do tempo das ações e distribuição dos veículos em Pernambuco junto com sua taxa de crescimento, determinou-se que 43,53% das ações dos veículos em Recife seriam afetados por essas normas até 2030.

Esta medida evitaria o consumo de 279,80 milhões de litros de combustível, reduziria os gastos energéticos a R\$ 1.34 bilhões (USD 568.98 milhões) e reduziria as emissões de gases de efeito estufa a 552.8 ktCO<sub>2</sub>-e. Os aspectos econômicos estão apresentados na tabela 12, supondo o crescimento anual de 2% nos custos reais de energia e a taxa real de juros de 5%.

Os principais riscos dos investimentos incluem:

1. Queda dos preços dos combustíveis reduziria a taxa de retorno esperada.
2. Impactos negativos na produção nacional de veículos caso não cumpram com os padrões de emissão de carbono para veículos.
3. Efeitos de Repercussão rebound (aumento do consumo devido aos baixos custos) resultado em maior utilização de veículos, superando as economias de carbono
4. Compatibilidades com os padrões do etanol.

**Tabela 12. Os aspectos econômicos para a introdução dos padrões da União Europeia de emissão de carbono para veículos em Recife.**

	Valor líquido atual (USD)	Capital investido (USD)	Economia de energia por ano	Economia por ano (USD)	Retorno do Investimento (anos)
Mid sized light duty vehicle	1987.15	4400.00	7136 KWh	723.01	6.1
Across the vehicle fleet by 2030	1626.49 milhões	709.22 milhões	2420.20 GWh	455.10 milhões	3.2

## Utilização do Biogás

Esta medida prevê a construção de captura de gás de aterro e instalações de geração de energia elétrica no aterro municipal de Jaboatão dos Guararapes. Considerando-se a proporção de materiais orgânicos (aproximadamente 55%), e a taxa de geração de resíduos, presume-se que 75% do gás capturado no aterro pode-se conseguir um fator de oxidação de 10% (devido à cobertura de aterro). Além disso, presume-se que 10% da energia elétrica gerada é utilizada no local. Com base nesses números, Recife poderia gerar 116,32 GWh de eletricidade por ano em 2030.

Esta medida geraria 116.32 GWh de eletricidade, resultando em R\$ 63.04 milhões (USD 26.84 milhões) de faturamento e redução de emissões de gases de efeito estufa em até 324.6 ktCO<sub>2</sub>-e. Este caso econômico é apresentado na Tabela 13, assumindo-se um aumento anual de 2% nos preços de energia e uma taxa de juros real de 5%.

Os principais riscos dos investimentos incluem:

1. Queda nos preços da energia reduziria a taxa de retorno esperada
2. A redução da geração de resíduos na cidade diminuiria a taxa de retorno esperada
3. Obstáculos para Engenharia: um estudo será necessário para determinar a viabilidade do investimento.

**Tabela 13. Os aspectos econômicos para a utilização do biogás em Recife.**

Valor líquido atual (USD)	Capital Investido (USD)	Revenue from electricity sales per year (USD)	Retorno do investimento (anos)
88.08 milhões	40.49 milhões	148.14 milhões	2.03

### Iluminação 100% LED até 2030 para edifícios públicos e comerciais

Esta medida aborda toda iluminação incandescente e lâmpadas fluorescentes compactas (LFC) em edifícios comerciais e públicos que passarão por um processo de retrofitting trocando-as por lâmpadas de LED entre 2015 e 2030. Assumindo que a média de lâmpadas LFC de 24W é trocada por lâmpadas de LED de 15W, essa medida poderia reduzir o consumo de energia em iluminação em torno de 37,5% nos setores públicos e comerciais.

Devido à curta vida útil das lâmpadas incandescentes e LFC, essa medida poderia alcançar dentro de cinco anos por meio da introdução compulsória de lâmpadas de LED em edifícios. Entretanto, devido a um custo relativamente alto na introdução de lâmpadas de LED, devemos assumir que a substituição dos equipamentos se dará a uma taxa de 6,25% por ano. Enquanto lâmpadas de LED podem custar até sete vezes mais que LFC, sua vida útil é dez vezes mais longa ( 55000 horas comparadas a 5500 horas). Nossos cálculos foram conservadores e assumiram que a restrição ao Mercado de lâmpadas incandescentes tem sido eficiente e que as lâmpadas de LED poderia alcançar 25% do Mercado por meio de intervenções políticas até 2030, baseados na queda de produção e melhorias na indústria de iluminação.

Essa medida evitaria um consumo de 148.37 GWh em eletricidade, reduziria os gastos com energia em cerca de R\$ 23.60 milhões (USD 10.04 milhões) e ainda reduziria emissões de gases de efeito estufa em 16.7 ktCO<sub>2</sub>-e. O caso econômico é apresentado na tabela 14, assumindo um aumento anual de 2% nos preços reais na energia e uma taxa de juros de 5%.

Principais riscos dos investimentos incluem:

1. Queda no preço da eletricidade da rede reduziria a taxa de retorno esperada.
2. Dividir incentivos para edifícios comerciais entre inquilinos e locatários poderia dificultar a mobilização de investimentos necessários.
3. Custo de capital alto pode afugentar a prospecção de investidores.

**Tabela 14. Aspectos econômicos para a instalação de iluminação 100% LED nos edifícios públicos e comerciais em Recife.**

	Valor líquido atual (USD)	Capital investment (USD)	Energy savings per year	Economia por ano (USD)	Retorno do investimento (anos)
Individual unit	168.52	180.53 <sup>1</sup>	32.85kWh	32.80 <sup>2</sup>	5.5
With 100% deployment by 2030	761.10 milhões	815.37 milhões	148.37 GWh	148.14 milhões	5.5

<sup>1</sup> LED units in a commercial building has an estimated cost of USD 274.03, while CFL units have an estimated cost of USD 93.50.

<sup>2</sup> Includes annualised costs of replacing CFL bulbs, which have a much shorter lifespan than LED bulbs.

### Ar-condicionados mais eficientes

Essa medida prevê uma melhoria de 20% na eficiência média de ar-condicionados vendidos a partir de 2015. Essa situação poderia ser alcançada por meio da proibição de ar-condicionados classes D e E sob a classificação do Sistema de eficiência energética PROCEL (assumindo uma parcela do Mercado para todas as classes), ou por meio da proibição de ar-condicionados classe E e adequação para o selo Classe A dos equipamentos.

Essa medida evitaria um consumo de 148.37 GWh em eletricidade, reduziria os gastos com energia em cerca de R\$ 23.60 milhões (USD 10.04 milhões) e ainda reduziria emissões de gases de efeito estufa em 16.7 ktCO<sub>2</sub>-e. O caso econômico é apresentado na tabela 14, assumindo um aumento anual de 2% nos preços reais na energia e uma taxa de juros de 5%.

Key investment risks include:

1. Falling grid electricity prices would reduce the expected rate of return.
2. Split incentives between commercial building owners and tenants.
3. Rebound effects (increased consumption due to lower costs) outweighs the economic and carbon savings.

**Tabela 15. Os aspectos econômicos para ar-condicionados mais eficientes em Recife.**

#### Setor Público e Comercial

	Valor líquido atual (USD)	Capital investido (USD)	Energia economizada por ano	Economia por ano (USD)	Retorno do investimento (anos)
<b>Unidade Individual</b>	1,388.85	2,129	2.76 MWh	329.15	6.5
<b>Com 100% deployment by 2030</b>	205.34 milhões	314.76 milhões	408.0 GWh	48.66 milhões	6.5

#### Setor Residencial

	Valor líquido atual (USD)	Capital investido (USD)	Energia economizada por ano	Economia por ano (USD)	Retorno do investimento (anos)
<b>Unidade Individual</b>	305.18	128	248.4kWh	34.27	3.7
<b>Com 100% deployment by 2030</b>	102.16 milhões	42.82 milhões	83.1 GWh	11.47 milhões	3.7

### Painéis solares PV para telhados

Esta medida pretende a instalação de painéis solares fotovoltaicos (PV) em 10% dos edifícios residenciais em Recife até 2030. Isso equivale a cerca de 3.400 famílias por ano e um total de 54.400 famílias até 2030. Assumimos que cada família participante terá um painel de 3 kW instalado com uma eficiência média de 17%. Isso permitiria que cada agregado familiar para gerar aproximadamente 4.5MWh. Este cenário é conservador: uma rápida melhoria da eficiência técnica dos painéis solares significa que as famílias que participassem do programa provavelmente poderia gerar mais eletricidade com capacidade instalada comparável.

Esta medida produziria 243.18 GWh de energia, arrecadando R\$ 106.07 milhões (USD 45.2 milhões) de receita bruta e reduzindo as emissões dos gases de efeito estufa em 27.4 ktCO<sub>2</sub>-e. Os aspectos econômicos estão apresentadas na Tabela 16, supondo um aumento anual de 2% nos custos reais da energia e a taxa de juros real de 5%.

Principais riscos dos investimentos incluem:

1. Extensos períodos de menor produção energética que o esperado reduziriam as taxas de retorno.
2. Reduzir os custos das linhas de transmissão reduziriam as taxas de retorno esperadas.
3. Falhas operacionais longas não podem ser cobertas por garantias ou contratos
4. Aumentar a capacidade de geração intermitente de eletricidade poderia criar desafios de balanceamento de carga para a rede elétrica.

**Tabela 16. The economic case for rooftop solar PV panels at the city-scale.**

	Valor líquido atual (USD)	Capital Investido (USD)	Energia produzida por ano	Economia por ano (USD)	Retorno do investimento (anos)
<b>Individual unit</b>	15,975.74	9,093	4.5 MWh	616.39	14.8
<b>With deployment on 10% of residential buildings in 2030</b>	209.06 milhões	494.94 milhões	243.2 GWh	33.55 milhões	14.8

# Capítulo 6.

## Análise de Multi-critérios

Enquanto a presença de um case econômico-ambiental é uma condição importante para ação, decisões políticas e investimentos não podem ser feitas baseadas somente nesses critérios. As medidas de baixo carbono elencadas na tabela 11, de acordo com seus pesos pontuados em 5 critérios: aceitação política e pública, capacidade de implementação, contribuição ao desenvolvimento humano e impactos ambientais mais robustos no meio ambiente. Os resultados completos da análise de multi-critérios estão detalhados no apêndice E.

É bem aparente que investimentos em transporte de baixo carbono e eficiência energética tiveram um desempenho muito significativo quando considerados aspectos sociais e de sustentabilidade. Todas as medidas identificadas abaixo tiveram um desempenho satisfatório em aceitação política e aceitação pública, embora as medidas mais votadas para o setor doméstico não são incorporadas como contribuição para objetivos de desenvolvimento e enfrentamento às mudanças climáticas como investimentos em transporte.

**Tabela 17. As 10 medidas de baixo carbono mais atraentes disponíveis para a cidade de Recife de acordo com os critérios político, social e ambiental gerais.**

Posição	Medida	Aceitação Política	Aceitação Pública	Capacidade para implementação	Impacto no desenvolvimento humano	Impacto no ambiente	Média ponderada
1	Empréstimo de Bicicletas	3.9	4.2	4.1	4.7	4.7	4.17
2	Investimentos na ampliação do uso e da segurança do transporte público	4.0	4.3	3.9	4.8	4.4	4.14
3	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 1)	4.5	4.5	4.5	2.9	3.0	4.11
4	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 2)	4.5	4.5	4.5	2.9	3.0	4.11
5	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 1)	4.3	4.3	4.5	2.9	2.9	3.98
6	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 2)	4.3	4.3	4.5	2.9	2.9	3.98
7	BRT – Leste Oeste	4.2	4.4	3.5	4.3	3.9	3.91
8	BRT – Norte Sul	4.2	4.4	3.5	4.3	3.9	3.91
9	Ciclovias	3.6	4.1	3.9	4.1	4.3	3.90
10	Aumento do serviço de ônibus - 20%	3.9	4.9	3.4	4.2	4.0	3.90

**Tabela 18. As duas medidas de baixo carbono mais atraentes de cada setor em Recife, de acordo com os critérios político, social e ambiental gerais.**

Posição	Medida	Aceitação Política	Aceitação Pública	Capacidade para implementação	Impacto no engajamento humano	Impacto no ambiente	Média ponderada
1	Empréstimo de Bicicletas (2x current scheme)	3.9	4.2	4.1	4.7	4.7	4.17
2	Investimentos no aumento da segurança e uso do transporte público	4.0	4.3	3.9	4.8	4.4	4.14
3	Ar-condicionado – Padrão de Eficiência Energética 1	4.5	4.5	4.5	2.9	3.0	4.11
5	Refrigerador – Padrão de Eficiência Energética 1	4.3	4.3	4.5	2.9	2.9	3.98
11	Iluminação pública com LED	4.1	4.7	3.0	3.9	4.4	3.89
17	Prevenção aos Resíduos - 5%	3.7	3.8	3.3	4.2	4.4	3.72
18	Programa de reciclagem - 20%	3.8	4.2	3.1	4.2	4.4	3.69
23	Estabelecer meta LED de 100% até 2030 (edifícios comerciais)	3.4	3.9	2.9	4.1	4.4	3.94

# Capítulo 7.

## Discussão

Entre 2000 e 2014, um rápido crescimento econômico no Recife ( particularmente no setor de serviços) contribuíram para uma dissociação relativa entre PIB, uso de energia e emissões na cidade. De fato, o volume de energia e emissões necessárias para gerar uma unidade de PIB foi reduzida a um fator de três em cada caso. Essa dissociação relativa permitiu a transição de Recife para uma economia de baixo carbono e mais eficiente energeticamente, indicando um ganho substancial em desenvolvimento humano que pode ser alcançado sem contribuir com as mudanças climáticas.

De qualquer forma, observando 2030, as taxas de crescimento econômico decrescentes somadas à uma demanda por energia crescente e quase constante intensidade de carbono na energia de Recife poderá significar um retrocesso a um desenvolvimento de alta-emissão. As emissões totais projetadas para Recife crescem até 12,6% até 2020 e até 79,1% até 2030, tendo como ano base 2014, usando as condições “business as usual”.

Níveis absolutos de consumo de energia estão projetados para aumentar a um ritmo de 4,8% ao ano, entre 2014 e 2030. Isto levará a um aumento da fatura energética em 7,2% ao ano para R \$ 6,50 bilhões (US \$ 2,77 bilhões) em 2030, e a um aumento das emissões líquidas de 4,0% ao ano para 3,01 Mt CO<sub>2</sub>-e por ano durante o mesmo período. Os grandes aumentos nos custos de energia estão associados ao setor de transporte em que os combustíveis são relativamente caros. O crescimento mais significativo das emissões também vem do setor de transporte, como o aumento dos rendimentos conduzir uma expansão substancial de propriedade do veículo. Estes números sugerem que a competitividade econômica e segurança energética em Recife também seria reforçada por opções de mitigação climática.

Este estudo apresenta um case econômico factual para investimento em larga escala em eficiência energética, energias renováveis e outras medidas de baixo carbono em Recife. Em 2030, a cidade pode cortar suas emissões em até 24,3% das emissões projetadas no cenário business as usual por meio de investimentos de baixo custo que pagariam por si mesmos em termos comerciais em 5,6 anos. Se os lucros destes investimentos forem re-investidos em medidas de baixo carbono, Recife pode reduzir as suas emissões em até 31,0% em relação às tendências BAU 11,0 anos. Estas medidas de baixo carbono continuariam gerando Economias anuais durante todo seu ciclo de vida.

Além do case econômico para investimento de baixo carbono, muitas destas medidas apoiam-se no desenvolvimento de objetivos econômicos mais amplos. Algumas das opções mais rentáveis no setor comercial, como aparelhos de ar condicionado de alta eficiência, aumentaria a competitividade da economia local, reduzindo as despesas com energia. Medidas economicamente atraentes no setor de transporte, incluindo uma expansão de redes de ônibus e adoção de padrões de eficiência mais elevados para os veículos, iria melhorar a mobilidade urbana, aumentar a resiliência aos preços voláteis de energia e melhorar a qualidade do ar. Opções de custo-benefício no setor residencial, incluindo resfriamento passivo e normas de desempenho energético obrigatórias, poderiam garantir que as famílias pudessem também aproveitar os benefícios econômicos de investimentos em medidas de baixo carbono. As opções de medidas mais rentáveis foram apresentadas em um menu , portanto, elas destacam uma ampla gama de oportunidades de ganho mútuo para as diferentes stakeholders em todos os setores-chave em Recife.

Em outros casos, esta pesquisa destaca que a maioria das medidas eficazes de redução de carbono não são necessariamente comercialmente atraente para os investidores. Isso é mais evidente no setor de resíduos, onde a compostagem em grande escala, reciclagem e outras medidas não são tão rentáveis, mas podem resultar em não emissão de carbono. Essas medidas oferecem oportunidades para investimentos nacionais estratégicos e financiamento internacional em ações climáticas para alcançar melhorias na mitigação das emissões, claro que sem a exclusão total do investimento privado.

Vale destacar que em 2009, o Brasil estabeleceu uma meta nacional de redução de emissões entre 36,1% e 38,9% até 2020, em relação aos cenários BAU. A maior parte destas reduções espera-se vir de melhorias na governança florestal. No entanto, estes resultados sugerem que Recife poderia alcançar uma redução de emissões, sem nenhum custo líquido para a cidade - durante o período de 2015 a 2030. Isso ressalta o potencial de mitigação inexplorado e substancial nas cidades brasileiras.

A crescente intensidade energética do PIB e as emissões de carbono per capita reforçam que Recife está lentamente mudando para uma maior trajetória de desenvolvimento de carbono. Esta tendência poderia ser estendida por meio de investimentos estratégicos na eficiência energética, transporte de massa, energia renovável e outras medidas de baixo carbono. O case econômico para investimento em baixo carbono, juntamente com o crescente envolvimento da população em questões ambientais, oferecem uma oportunidade estratégica de integrar as considerações climáticas no planejamento urbano.



## Conclusões e Recomendações

Business as usual trends em Recife resultarão em um aumento da intensidade da energia na atividade econômica na cidade. Os índices absolutos de uso de energia e emissões continuarão crescendo paulatinamente devido aos efeitos dos aumentos populacional e econômico. Despesas com energia também crescerão ao longo do período, as quais implicarão diretamente em competitividade econômica e equidade social.

This research reveals that there are many economically attractive opportunities to increase energy efficiency and stimulate renewable energy investment, which would in turn improve the economic competitiveness, energy security and carbon intensity of Recife. The scale of the opportunities demonstrates that accounting for climate change in urban planning can be attractive in commercial terms, above and beyond the immense benefits of reducing the future impacts of climate change.

Esta pesquisa revela que há muitas oportunidades economicamente atraentes para aumentar a eficiência energética e estimular investimentos em energia renovável, consequentemente melhorar a competitividade econômica do Recife, a segurança energética e de carbono.

É evidente que a presença de tais oportunidades não significa que as medidas serão exploradas. No entanto, esperamos que, ao fornecer provas sobre o impacto e a composição dessas oportunidades, este relatório possa contribuir para ajudar a construir um compromisso político e das capacidades institucionais para a mudança. Nós também esperamos que este relatório ajude a Recife a garantir os investimentos e desenvolver os modelos de financiamento necessários para prosseguir com uma ação climática. Algumas medidas de eficiência energética e oportunidades de baixo carbono só poderiam ser comercialmente atraentes baseados em parcerias e financiamento nacional, enquanto outras somente com financiamento internacional.

Ressaltamos que as razões econômicas não devem moldar a transição para um modelo de desenvolvimento urbano de baixo carbono no Brasil. Os tomadores de decisão também devem considerar as questões relativas à desigualdade social, inclusão e sustentabilidade mais amplo das diferentes opções, conforme descrito em nossa multi-critérios de avaliação. No entanto, entendemos que a presença de um case econômico convincente é muitas vezes necessária para que os tomadores de decisão para analisar um contexto mais amplo para o investimento. Esperamos, portanto, que esta base de evidências sobre as oportunidades de investimento baixo carbono em Recife ajude a mobilizar a vontade política e interesse público na ação climática ambiciosa na cidade.

# Referências

- 1 Bitoun J, Miranda L, de Almeida Souza MA, de Britto Lyra MR. 2010. Região Metropolitana do Recife no Contexto de Pernambuco no Censo 2010. Observatório Das Metrópoles. Available from <[http://www.observatoriodasmetrolopes.net/download/Texto\\_BOLETIM\\_RECIFE\\_FINAL.pdf](http://www.observatoriodasmetrolopes.net/download/Texto_BOLETIM_RECIFE_FINAL.pdf)> [viewed 18/08/2014]
- 2 Da Letra T. 2013. Trânsito e transporte são os maiores problemas do Recife. Available from <[http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2013/10/16/interna\\_vidaurbana,468322/transito-e-transporte-sao-os-maiores-problemas-do-recife.shtml](http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2013/10/16/interna_vidaurbana,468322/transito-e-transporte-sao-os-maiores-problemas-do-recife.shtml)> [viewed 18/08/2014]
- 3 Conselho de Arquitetura e Urbanismo de Pernambuco. 2012. Elementos para um projecto de cidade e do território. Available from <[http://www.clickn.com.br/public/CAU\\_PE\\_Prefeitos\\_DocCompletoR01aVersaoImpressao.pdf](http://www.clickn.com.br/public/CAU_PE_Prefeitos_DocCompletoR01aVersaoImpressao.pdf)> [viewed 02/02/2015]
- 4 Costa MBSF, Mallman DLB, Pontes PM, Araujo M. 2010. Vulnerability and impacts related to the rising sea level in the Metropolitan Center of Recife, Northeast Brazil. Pan-American Journal of Aquatic Sciences 5(2) 341-349.
- 5 EIA. 2014. Brazil. Energy Information Agency. Available from <<http://www.eia.gov/countries/cab.cfm?fips=br>> [viewed 18/08/2014]
- 6 EPE. 2012 Informa à Imprensa: demanda de energia eléctrica – 10 anos. Empresa de Pesquisa Energética. Available from <[http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20120104\\_3.pdf](http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20120104_3.pdf)> [viewed 18/08/2014]
- 7 EY. 2011. Sustainable Brazil: Economic Growth and Consumption Potential. Ernst & Young Terco. Available from <[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Sustainable-Brazil\\_Economic-growth-and-consumption-potential/\\$FILE/Sustainable-Brazil\\_Economic-growth-and-consumption-potential.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Sustainable-Brazil_Economic-growth-and-consumption-potential/$FILE/Sustainable-Brazil_Economic-growth-and-consumption-potential.pdf)> [viewed 18/08/2014]
- 8 Ghisi E, Gosch S, Lamberts R. 2007. Electricity end-uses in the residential sector of Brazil. Energy Policy. 35(8) 4107-4120
- 9 Gouldson A, Colenbrander S, Sudmant A, Papargyropoulou E. 2014. The Economics of Low Carbon Cities: Palembang, Indonesia. The Centre for Low Carbon Futures. Available from <<http://www.climateSMARTcities.org/sites/default/files/4336%20Indonesia%20Report%20v5.pdf>> [viewed 19/08/2014]
- 10 Gouldson A, Kerr N, Topi C, Dawkins E, Kuylestierna J, Pierce R. 2012. The Economics of Low Carbon Cities: A Mini-Stern Review for the Leeds City Region. The Centre for Low Carbon Futures. Available from <[http://www.climateSMARTcities.org/sites/default/files/Mini-Stern%20Review\\_0.pdf](http://www.climateSMARTcities.org/sites/default/files/Mini-Stern%20Review_0.pdf)> [viewed 19/08/2014]
- 11 IBGE. 2014. Brazil GDP Annual Growth Rate, 1991-2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Available from <<http://www.tradingeconomics.com/brazil/gdp-growth-annual>> [viewed 18/08/2014]
- 12 ICLEI. 2014. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Recife. Local Governments for Sustainability (ICLEI), Urban Low Emission Development Strategies (UrbanLEDS) and the City of Recife.
- 13 IPEA. 2014. IPEAdata. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Institute for Applied Economic Research). Available from <<http://www.ipeadata.gov.br/>> [viewed 18/08/2014]
- 14 MCTI, SEPED, CGMC. 2013. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento, Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. Available from <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/event%20sheet.pdf>> [viewed 18/08/2014]
- 15 Ministério do Meio Ambiente. 2014. Política Nacional sobre Mudança do Clima. Available from <<http://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sobre-mudanca-do-clima>> [viewed 18/08/2014]
- 16 Secretaria de Desenvolvimento e Planejamento Urbano. 2010. O Recife: Informações socioeconômicas. Secretaria de Desenvolvimento e Planejamento Urbano (Department of Urban Planning and Development). Available from <<http://www2.recife.pe.gov.br/o-recife/informacoes-socioeconomicas/>> [viewed 18/08/2014]
- 17 TSP. 2010. The Top 20 GHG Emitting Countries – Breakdown by Sector. The Shift Project Data Portal. Available from <<http://www.tsp-data-portal.org/TOP-20-emitter-by-sector#tspQvChart>> [viewed 18/08/2014]
- 18 UNEP. 2012. Global Initiative for Resource Efficient Cities. United Nations Environmental Programme.
- 19 UNFCCC. 2007. Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation in Developing Countries. United Nations Framework Convention on Climate Change. Available from <<http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>> [viewed 18/08/2014]
- 20 World Bank. 2011. Recife Education and Public Management Project. Washington, DC. Available from <[www-wds.worldbank.org/.../646760PID0BR0Recife0education.docx](http://www-wds.worldbank.org/.../646760PID0BR0Recife0education.docx)> [viewed 18/08/2014]
- 21 World Bank. 2014. Brazil. Washington, DC. Available from <<http://data.worldbank.org/country/brazil>> [viewed 18/08/2014]
- 22 World Bank and PPIAF. 2006. Urban Bus Toolkit: Recife. Washington, DC. Available from <[http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/Urban-BusToolkit/assets/CaseStudies/summy/sum\\_recife.html](http://www.ppiaf.org/sites/ppiaf.org/files/documents/toolkits/Urban-BusToolkit/assets/CaseStudies/summy/sum_recife.html)> [viewed 20/08/2014]

# Appendices

## Anexo A:

### Lista de Participantes do Workshop

Instituição	Participantes
ACI-Environmental Solution	Aloysio Costa Junior
Ameciclo	Daniel Valença
AMUPE	Etienete Braga Romaguera
APAC	Maria Aparecida Fernandes
Arte e Cultura Consultoria	Fabiana Pasini Lira
Attitude Center	Lígia Maria Pereira Lima Jáson Torres
Câmara Recife	Eurico Freitas
CELPE	Thiago Dias Caires Mariana Lorena
CELPE-EIMA	Carmen Carneiro
COMPESA-GMA	Neemias de Oliveira Gueiros
CONAMA	Oseas Omena
Concremat	Giullian Rodrigues
Consulado Britânico	Graham Tides
CPRH	Ildeane Machado Andre Santidade
CREA	Alberto Lopes
CTTU	Fernanda Abola Sandra Barbosa André Luis Pereira
EMLURB	Bárbara Arrais Élidas Dias Laura Pereira
FAFIRE	Dinabel Vilas-Boas
FIEPE	Abraão Rodrigues
Gabinete do Vereador Eurico Freire	Marina Costa
GAMA	Sandra Guedes
Grande Recife	Cristiane Figueiredo Cícero R. S. Monteiro
Hemobras	Gleidce Tamires Alves de Olivera
ICLEI	Eduardo Baltar Jussara Carvalho Igor Reis de Albuquerque Gustavo Pereira
IFPE	Marialva Mello Fabisais
INCITI — Parque Capibaribe	Savio Machado
IPS / Municipality of Recife	Fernando de Alcantara

**Anexo A:***continuo*

<b>Instituição</b>	<b>Participantes</b>
<b>ISOCARP</b>	Andries Geerse Bertrand Sampaio de Alencar
<b>ITEP</b>	Wanderson Santos
<b>Lafaerte Locations</b>	Rogério M. Cruz
<b>Master Plan</b>	Mauro Buarque
<b>Municipality of Recife</b>	Robson Canuto da Silva
<b>Nordeste Clima</b>	José Carlos Lima
<b>Parque Capibaribe</b>	Rafaella Cavalcanti
<b>ProRural</b>	Alexandre Ramos
<b>Reserva Camará</b>	Felipe O. C. Coelho
<b>SAJ</b>	Eugênia Simões
<b>SANEAR</b>	Erika Oliveira Mariane Regis
<b>SDEC/Municipality of Recife</b>	Rita de Cássia Figueiredo
<b>SDPU/Municipality of Recife</b>	Tiago Henrique de Oliveira
<b>SEDEC/Municipality of Recife</b>	Patrícia Renata de Albuquerque Keila Ferreira
<b>SEHAB/Municipality of Recife</b>	Renata Lucena Borges Danillo Franciso Tenório
<b>SEMAS</b>	Cristiano Carrilho Walber Santana
<b>SEMOC/Municipality of Recife</b>	José Fernandes
<b>SEPLAG/Municipality of Recife</b>	Alexandra G. Braga Taciana Sotto-Mayor
<b>Sinduscon</b>	Julia Malheiros
<b>SMAS/Municipality of Recife</b>	Gustavo André C. Barbosa Mauricéia Araújo Marcelo Bentas Maurício J. Bezerra Walter Blossey Maria da Glória de S. Brandão Cristina Caldas Alessandra de Carvalho Israel Cassemينو Talyta dos Santos Guedes Luiz Roberto de Oliveira Maurício Guerra Antonio Machado

## Anexo A:

*continuo*

Instituição	Participantes
SMAS/Municipality of Recife <i>continued</i>	Inamara Melo Cida Pedrosa Walkíria Prado Nilo Rocha Thaís Borges Romeno Clarisse Wanderley
UAG/UFRPE	Werônica Meira de Souza
UFPE	Ruskin Freitas Suzana Montenegro
UFRPE e IFPE	Hernande Pereira da Silva
UNICAMP	Silvia Stuchi Cruz Roberto Spinelli
URB	Norah Neves
USP	Lucas Ciola Antonio Fucá

## Anexo B:

### Fontes de Dados, Métodos e Hipótesesc

Atividade	Método de Projeção	Dados utilizados
<b>Produção de eletricidade e estimativas dos fatores de emissão</b>	Geração de eletricidade e dados dos fatores de emissões foram obtidos pelo Ministério Brasileiro de Ciência e Tecnologia (MCTI, 2014) e do UK Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA, 2009). Projeções até 2030 foram informadas pelo Banco Mundial através das Estimativas de mudanças na geração de Capacidade no Brasil até 2030 (Yepez-García et al., 2010; Tolmasquim, 2012).	A intensidade de carbono na energia elétrica em Recife é estimada em:  –2014: 0.098 tCO <sub>2</sub> -e/MWh –2030: 0.113 tCO <sub>2</sub> -e/MWh
<b>Custos da Energia</b>	Preços nominais da energia no Brasil entre 2000 e 2012 foram obtidos do Ministério de Minas e Energia e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2009, 2014). Quando necessário, estes foram convertidos a USD usando a média anual das taxas de câmbio fornecido por OANDA para cada ano (OANDA, 2014). Preços nominais foram convertidos e preços reais utilizando o ano de 2013 como ano-base utilizando o Índice de Preços do Consumidor do Banco Mundial (World Bank, 2014).	Preço real da eletricidade em USD por MWh em 2014 para cada tarifa é:  – residencial: 260.7 – iluminação pública: 103.7 – Agências e Organismos – RCH:184.0 – Comercial: 176.0 – Força Pública: 191.2 – Serviço público: 125.8 – industrial: 186.7  Preço real da eletricidade em USD em 2014 para outras fontes de energia são:  – GNV: 1,709/ton – Gás natural: 690.6/thou m <sup>3</sup> – Oléo Combustível: 580.1/ton – gasolina: 1,546.9/m <sup>3</sup> – diesel: 1,180.1/m <sup>3</sup> – etanol: 1,098.3m <sup>3</sup> – biodiesel: 1,215.5m <sup>3</sup>
<b>Setor Comercial</b>	Os dados sobre o consumo de energia por tipo de combustível em Recife em 2012 foram obtidos a partir ICLEI (2014). Os dados sobre a evolução das taxas de consumo de energia elétrica entre 2006 e 2012 dentro de Pernambuco foram obtidos a partir Ministério de Minas e Energia (EPE, 2011, 2013). Os dados sobre a evolução das taxas de consumo de GPL, de gás natural e petróleo em escala nacional entre 2000 e 2012 foram obtidos a partir Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2009, 2014).	Consumo de eletricidade comercial em 2014 foi 1.80TWh, divididos entre a iluminação pública (5,5%), sinais de trânsito (<0,1%), organismos e agências (1,6%) RCH, comercial (71,6%), poder público (16,0%) e pública de serviços (5,3%) tarifas. No mesmo ano, o setor também consumiu 5.472 toneladas de GLP e 490.3m <sup>3</sup> de gás natural.

## Appendix B:

*continuo*

Activity	Projection method	Useful data
<b>Setor Residencial</b>	Os dados sobre o consumo de energia por tipo de combustível em Recife em 2012 foram obtidos a partir ICLEI (2014). Os dados sobre a evolução das taxas de consumo de energia elétrica entre 2006 e 2012 em Pernambuco foram obtidos a partir Ministério de Minas e Energia (EPE, 2011, 2013). Os dados sobre a evolução das taxas de consumo de GPL e gás natural em escala nacional entre 2000 e 2012 foram obtidos a partir Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2009, 2014).	Em 2014, o setor residencial consumiu em Recife 1.31TWh de eletricidade, 43.060 toneladas de GLP e 3,041m <sup>3</sup> de gás natural.
<b>Setor Industrial</b>	Data on energy consumption by fuel type in Recife in 2012 were obtained from ICLEI (2014). Data on changing rates of electricity consumption between 2006 and 2012 in Pernambuco were obtained from Ministério de Minas e Energia (EPE, 2011, 2013). Data on changing consumption rates of LPG, oil and natural gas at a national scale between 2000 and 2012 were obtained from Ministério de Minas e Energia and Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2009, 2014).	In 2014, the industrial sector in Recife consumed 237.34GWh of electricity, 4151.6 tons of LPG, 63.7 milhões m <sup>3</sup> of natural gas and 861.1m <sup>3</sup> of oil.
<b>Setor de Transporte</b>	Os dados sobre o consumo de energia por tipo de combustível em Recife em 2012 foram obtidos a partir ICLEI (2014). Os dados sobre a evolução das taxas de consumo de gasolina, diesel, etanol, gás natural veicular e biodiesel em escala nacional entre 2000 e 2012 foram obtidos a partir Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2009, 2014).	Em 2014, o setor de transporte em Recife consumido 3.91TWh de gasolina, 2.2TWh de diesel, 493.4GWh de etanol e 212.3GWh de gás natural veicular.
<b>Setor de Resíduos</b>	Os dados sobre geração de Resíduos, as taxas de composição e de reciclagem de resíduos, em 2012 foram fornecidas pelo Recife Limpeza Urbana e Unidade de Manutenção (EMLURB) e ICLEI (2014). Projeções de mudanças na produção e composição Resíduos são baseados em estimativas do Banco Mundial (Hornweg e Bhada-Tata, 2012). Diretrizes de 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa e GHG Protocol para Emissões de GEE Comunidade Scale formaram a base do cálculo das emissões de gases com efeito de estufa (IPCC, 2006; Connor et al, 2012).	Em 2014, Recife gerado 826,840 toneladas de Resíduos.  Resíduos composição: – Household: 68,4% – Bulk Resíduos (industrial, comercial, construção): 29,9% – agentes Orgânicos de Resíduos manutenção da cidade: 1,4% – Healthcare: 0,1%
<b>Taxa de câmbio</b>	As taxas de câmbio foram baseadas nas médias do ponto médio anual para 2000 - 2014 de OANDA (2015). A taxa de troca 2014 foi utilizado para todas as projeções.	Taxas de câmbio em 2014: R\$/USD: 0.4257 USD/R\$: 2.3475

## Referências do Anexo B

- 1 Connor J, Feldon A, Eichel A, Russell B, Dickinson J, Hoornweg D, Bhatia P, Fong WK, Shearer I. 2012. Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions (GPC) Version 0.9 – 20 March 2012. Available from <<http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/GPC%20v9%2020120320.pdf>> [viewed 30/08/2014]
- 2 DEFRA. 2009. “Annex 10 - International Electricity Emission Factors”, in 2009 Guidelines to Defra / DECC’s GHG Conversion Factors for Company Reporting. Department for Environment, Food and Rural Affairs. Available from <<http://archive.defra.gov.uk/environment/business/reporting/pdf/20090928-guidelines-ghg-conversion-factors.pdf>> [viewed 12/08/2014]
- 3 EPE. 2009. Balanço Energético Nacional 2008. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Available from <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2009.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2009.pdf)> [viewed 12/08/2014]
- 4 EPE. 2011. Anuário estatístico de energia elétrica 2011. Ministério de Minas e Energia, Available from <[http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20111213\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20111213_1.pdf)> [viewed 12/08/2014]
- 5 EPE. 2014. Balanço Energético Nacional 2013. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Available from <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2014.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf)> [viewed 12/08/2014]
- 6 EPE. 2013. Anuário estatístico de energia elétrica 2013. Ministério de Minas e Energia. Available from <[http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20130909_1.pdf)> [viewed 12/08/2014]
- 7 Hoornweg D, Bhada-Tata P. 2012. What a waste: A global review of solid waste management. World Bank. Washington, DC. Available from <<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>> [viewed 19/08/2014]
- 8 ICLEI. 2014. Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Recife. Local Governments for Sustainability (ICLEI), Urban Low Emission Development Strategies (UrbanLEDS) and the City of Recife.
- 9 IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. Available from <[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volume5/V5\\_3\\_Ch3\\_SWDS.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf)> [viewed 30/08/2014]
- 10 MCTI. 2014. Arquivos dos Fatores de Emissão. Ministério da Ciência e Tecnologia. Available from <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora>> [viewed 12/08/2014]
- 11 OANDA. 2015. Historical exchange rates. Available from <<http://www.oanda.com/currency/historical-rates/>> [viewed 08/01/2015]
- 12 Tolmasquim MT. 2012. The energy sector in Brazil: policy and perspectives. Estudos Avançados. 26 (74) 249-260
- 13 World Bank. 2014. Consumer price index (2010 = 100). Available from <<http://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL>> [viewed 14/08/2104]
- 14 Yepez-García R, Johnson MT, Andrés LA. 2010. Meeting the electricity supply/demand balance in Latin America & the Caribbean. The World Bank. Washington, DC.



## Anexo C:

Fontes de Dados, Métodos e Hipóteses.

### Sector Comercial e público

Medida	Resumo e Principais Hipóteses
<b>Eficiência energética em condicionadores de ar</b>	<p>Os condicionadores de ar são responsáveis por cerca de 70% do consumo de energia em edifícios comerciais no Brasil (Carvalho et al., 2010). Esta proporção é assumida como sendo constante no cenário business as usual para 2030. Calculamos a eficiência média e uso de energia em um nível para edifícios com base em engenharia reversa a partir de dados sobre o número de edifícios comerciais (dados fornecidos pelo Departamento de Desenvolvimento e Planejamento Urbano de Recife) e uso total de energia entre 2000-2010, e, em seguida, esta previsão para 2030 para, assim, determinar o cenário BAU para consumo de energia em aparelhos de ar condicionado individuais.</p> <p>Dois padrões de desempenho energético obrigatórios são modelados:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— Padrão de Eficiência Energética 1. A economia calculada aqui consiste em 10% do consumo business-as-usual de energia para os novos aparelhos de ar condicionado. Isto tem aproximadamente o mesmo impacto que a introdução de rotulagem endosso para Classe A ou de proibir Classe E sob o sistema PROCEL existente, assumindo participação de mercado igual entre as classes e com base nos coeficientes mínimos de desempenho para cada uma delas de Cardosa et al. (2012).</li><li>— Padrão de Eficiência Energética 2. Economia consiste em 20% do consumo de energia-BAU para novos aparelhos de ar condicionado. Esta tem aproximadamente os mesmos impactos como a interdição de Classe D e E condicionadores de ar sob o sistema PROCEL existente, assumindo igual participação no mercado entre as classes e com base nos coeficientes mínimos de desempenho para cada classe de Cardosa et al. (2012).</li></ul> <p>As economias de energia são calculados ao longo da vida 15 anos, com uma taxa de aposentadoria consequente de 6,7% ao ano. Preços observados on-line e em lojas de varejo em São Paulo sugerem que as diferenças de preços entre os condicionadores de ar não se baseiam em avaliações de eficiência energética. Um custo adicional de R \$ 2.000 por edifício foi assumido com as normas EE1 para condicionadores de ar e de R \$ 5.000 por construir com as normas EE2. Esta visão é conservadora, uma vez que as opções altamente eficientes estavam disponíveis sem nenhum custo adicional significativo.</p>
<b>Eficiência energética em elevadores e escadas rolantes</b>	<p>Escadas rolantes e elevadores normalmente são responsáveis por 3-8% do consumo de electricidade em edifícios comerciais (projeto e4, 2010). Temos, portanto, assumido 5,5% da energia elétrica vendida sob as tarifas de serviços públicos e comerciais em Recife é usado para escadas rolantes e elevadores de potência. Modelamos dois padrões de eficiência energética para elevadores e escadas rolantes em edifícios novos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— Padrão de Eficiência Energética 1. Economias consistem em 20% o consumo de energia como BAU.</li><li>— Padrão de Eficiência Energética 2. Economias consistem em 40% do consumo de energia BAU</li></ul> <p>Estes números são baseados em dados de De Almeida et al. (2012) que sugerem que existem potenciais de eficiência técnicas de mais do que 60% para elevadores e cerca de 30% para escadas rolantes. Nós não assumimos nenhuma diferença de custo de capital para modelos mais eficientes, usando dados do projeto e4 (2010).</p>

## Setor Comercial e público

continuo

Medida	Resumo e Principais Hipóteses
<b>Padrão para Edifícios Verdes</b>	<p>Há uma vasta gama de opções disponíveis para reduzir o consumo de energia por esta alternativa incluindo (mas não limitado) construção de orientação, design, coeficiente de altura, a proporção de janela e área de parede, níveis de isolamento, propriedades de janela, a utilização de massa térmica em edifícios e ventilação passiva/ refrigeração.</p> <p>Modelamos dois níveis de economia de energia:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Green Building Standard 1: economias consistem de 10% da energia consumida pelos aparelhos de ar condicionado.</li><li>– Green Building Padrão 2: economias consistem de 20% da energia consumida pelos aparelhos de ar condicionado.</li></ul> <p>Muitas opções de eficiência energética não teriam nenhum custo adicional se integrado nas fases de concepção e construção, mas para ser conservador, assumiu-se um custo adicional de USD2 / m<sup>2</sup> para atender Green Building Standard 1 e US \$ 5 / m<sup>2</sup> para alcançar Green Building Padrão 2 .</p> <p>Os condicionadores de ar são assumidos como responsáveis por 70% do consumo de eletricidade em prédios comerciais no Brasil sob business-as-usual condições (Carvalho et al., 2010). A parcela do consumo de energia por aparelhos de ar condicionado no setor comercial tem vindo a crescer de forma constante cerca de 20% no final de 1990, embora, mesmo assim, condicionadores de ar já representavam mais de metade do consumo em grandes prédios de escritórios, shopping centers e hotéis (Geller et al., 1998). As economias de energia são calculados para 2040.</p>
<b>Lâmpadas de LED em iluminação de vias públicas</b>	<p>Total de Economia de 58% da plena implantação de luzes LED são estimadas. Esta foi a média de um ensaio de 12 cidades, com uma gama de 50-70% (The Climate Group, 2012). Baseando-se em dados do Escritório dos EUA de Eficiência Energética e Energia Renovável, o custo de uma lâmpada de rua LED foi assumida como USD274.03 comparação com USD97.50 para uma lâmpada normal (Departamento de Energia, 2014).</p>
<b>Retrofit com insulação e vidros duplos</b>	<p>Envidraçado duplo com vidros reflexivos e isolamento em poliestireno em edifícios comerciais reduz 4.95% do consumo de eletricidade e ar-condicionados 3.31% do total do consumo da eletricidade (Carvalho et al., 2010). Quatro cenários foram modelados:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Retrofitting de 10% dos edifícios comerciais existentes;</li><li>– Retrofitting de 20% dos edifícios comerciais existentes;</li><li>– Retrofitting de 50% dos edifícios públicos existentes; e</li><li>– Retrofit 100% dos edifícios públicos existentes.</li></ul> <p>Em todos cenários, o programa de retrofit é implementado ao longo de três anos (2015-2017). Os custos foram calculados a partir de um valor de CAD140 / m<sup>2</sup> (Harvey, 2009), com uma área de construção comercial e público total de 15,445,915m<sup>2</sup> em Recife. Esta figura foi fornecida pelo pessoal do Departamento de Desenvolvimento e planejamento urbano para a cidade.</p>

Measure	Resumo e Principais Hipóteses
<b>Estabelecimento de metas de uso de LED em edifícios</b>	<p>Economias consistem em energia não gasta se a meta de 100% de iluminação LED for efetivamente alcançada em edifícios comerciais e públicos até 2030. O modelo assume a proibição de lâmpadas incandescentes (a suposição conservadora uma vez que até 50% dos domicílios brasileiros ainda teve as lâmpadas incandescentes até 2013, de acordo com Vahl et al. (2013)) e lâmpadas LED que iria conseguir uma penetração de mercado de 25%, independentemente de intervenções políticas em 2030, com base na redução dos custos de produção e melhorar a luminosidade. O consumo de energia por de iluminação de 2015-2030 é assumido como sendo 20% do consumo BAU por edifícios comerciais e públicos, uma estimativa conservadora com base nos níveis dos EUA de 21,7% (Departamento de Energia, 2011). A média de consumo da lâmpada CFL é assumida ser 24W, sendo substituída por uma lâmpada LED de 15W. Uma lâmpada LED em 2014 tem um custo de R \$ 130 e uma vida útil de 50.000 horas; uma lâmpada CFL em 2014 tem um custo de R \$ 18 e uma vida útil de 5.500 horas (Vahl et al., 2013).</p>
<b>Painel Solar: a-Si (amorphous silicon)</b>	<p>20kW na cobertura do painel de energia solar fotovoltaica modelado. Eficiência média de conversão de 6,3%. Geração média de 140MWh por painel. Electricidade alimentada na rede pública de 30% do tempo (Ordenesa et al., 2007). Dois cenários são modelados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A meta da capacidade instalada de 10 MW adicionais até 2030.</li> <li>- A meta da capacidade instalada de 20 MW adicionais até 2030.</li> </ul> <p>O preço de um 20kWp um Si-painel de energia solar fotovoltaica no setor comercial baseia-se nos custos mínimos de tecnologia na EPE (2012) (devido à baixa eficiência de conversão da tecnologia), além de instalação de 20%, taxa e os custos fiscais de importação. Nenhuma tarifa feed-in é considerada porque o custo por MWh de energia solar no último ano já está abaixo dos preços da electricidade (FS-UNEP e BNEF, 2014).</p>
<b>Solar PV panel: HIT (heterojunction comprised of a thin a-Si PV cell on top of a c-Si cell)</b>	<p>20kW na cobertura do painel de energia solar fotovoltaica modelado. Eficiência média de conversão de 6,3%. Geração média de 140MWh por painel. Eletricidade alimentada na rede pública em 30% do tempo (Ordenesa et al., 2007). Dois cenários são modelados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A meta da capacidade instalada de 10 MW adicionais até 2030.</li> <li>- A meta da capacidade instalada de 20 MW adicionais até 2030.</li> </ul> <p>O preço de um 20kWp um Si-painel de energia solar fotovoltaica no setor comercial baseia-se nos custos mínimos de tecnologia na EPE (2012) (devido à baixa eficiência de conversão da tecnologia), além de instalação de 20%, taxa e os custos fiscais de importação. Nenhuma tarifa feed-in é considerada porque o custo por MWh de energia solar no último ano já está abaixo dos preços da eletricidade (FS-UNEP e BNEF, 2014).</p>
<b>Desligar luzes internas</b>	<p>Economias consistem na energia utilizada durante uma hora por dia de iluminação. A média de utilização da lâmpada de luz no setor comercial e público é de cerca de dez horas por dia.</p>

## Setor Doméstico

Medida	Resumo e Principais Hipóteses
<b>Eficiência Energética em ar-condicionados</b>	<p>Os dados sobre a posse e o uso de condicionadores de ar no Brasil entre 1998 e 2005 foram coletados a partir Eletrobrás (1998) e McNeil e Letschert (2010), junto com um nível projetado de propriedade condicionador de ar em 2030. Duas tendências concorrentes estão em jogo. Enquanto condicionadores de ar brasileiros estão mostrando melhoria da eficiência energética - a classificação de eficiência energética média (EER) em 2005 foi de 2,84 de 5, mas esta deverá subir para 3,2 de 5 até 2010 (McNeil MA, Letschert, VE 2008.) - uso de condicionadores de ar está a aumentar com a renda. Nós engenharia reversa a eficiência média de condicionadores de ar domésticos, em 1997 e 2010 com base em dados sobre o número de famílias (dados fornecidos pelo Departamento de Desenvolvimento e Planejamento Urbano de Recife) e os dados sobre os níveis de propriedade e utilização, e, em seguida, previsão esta a 2030 BAU para determinar o consumo de energia.</p> <p>Dois padrões de desempenho energético obrigatórios são modelados:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Padrão de Eficiência Energética 1. Economia calculada aqui consistem em 10%, 20% e 30% do negócio-as-usual consumo de energia em 2015, 2020 e 2025, respectivamente. Isto tem aproximadamente o mesmo impacto que a introdução de rotulagem endosso para Classe A condicionadores de ar ou de proibir Classe E condicionadores de ar sob o sistema PROCEL existente, assumindo participação de mercado igual entre as classes e com base nos coeficientes mínimos de desempenho para cada classe de Cardoso et al. (2012).</li><li>– Padrão de Eficiência Energética 2. Economia consistem em 20%, 40% e 60% do consumo de energia-as-usual de negócios em 2015, 2020 e 2025, respectivamente. Esta tem aproximadamente os mesmos impactos como a interdição de Classe D e E condicionadores de ar sob o sistema PROCEL existente, assumindo igual participação no mercado entre as classes e com base nos coeficientes mínimos de desempenho para cada classe de Cardoso et al. (2012).</li></ul> <p>As economias de energia são calculados ao longo da vida 15 anos, com uma taxa de aposentadoria consequente de 6,7% ao ano. Preços observados on-line e em lojas de varejo em São Paulo sugeriu que as diferenças de preços entre os condicionadores de ar não são baseadas significativamente em avaliações de eficiência energética. Na ausência de diferenças de preços padrão e com uma faixa de preço observado de R \$ 1000-1500 para um modelo 2.6kW, um custo adicional de R \$ 150 foi assumido com as normas EE1 e de R \$ 300 com as normas EE2. Este é conservadora, uma vez que as opções altamente eficientes estavam disponíveis sem nenhum custo adicional significativo.</p>
<b>Eficiência Energética de Refrigeradores</b>	<p>Os dados para a posse de geladeiras no Nordeste do Brasil entre 2000 e 2007 foram coletados de Achao e Schaeffer (2009). As taxas de crescimento para 2030 foram projetadas usando uma função de previsão, que produziu uma taxa de crescimento média de 0,7%. PARC eficiência energética para refrigeradores no Nordeste do Brasil para 2010 baseia-se em dados de Cardoso et al. (2010), é assumido assumido igualmente a participação no mercado entre as cinco classes (A-E) de eficiência energética e um tamanho médio de 250L per geladeira. Uma melhoria da eficiência energética de 1,9% foi assumida, com base em premissas de 1990-2005 Cardoso et al. (2010) e excluindo aqueles anos em que MEPS foram introduzidas.</p> <p>O Brasil já estabeleceu normas obrigatórias de desempenho energético (MEPS) para frigoríficos. Estas consistem em abolir as classes mais baixas eficiência (F e G), incluir a rotulagem obrigatória do consumo de energia e endossando aparelhos altamente eficientes.</p>

Measure	Summary and key assumptions
	<p>Dois cenários suplementares foram modelados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Padrão de Eficiência Energética 1. Economia calculada aqui consistem em 10%, 20% e 30% do negócio-as-usual consumo de energia em 2015, 2020 e 2025, respectivamente. Com base no consumo de energia das diferentes classes de refrigeradores em Cardoso et al. (2010), este é aproximadamente equivalente a proibição da venda de geladeiras Classe E como classificados o atual sistema PROCEL.</li> <li>– Padrão de Eficiência Energética 2. Economia consistem em 20%, 40% e 60% do consumo de energia-as-usual de negócios em 2015, 2020 e 2025, respectivamente. Com base no consumo de energia das diferentes classes de refrigeradores em Cardoso et al. (2010), este é aproximadamente equivalente a proibição da venda de Classe D e E como geladeiras categorizado no atual sistema PROCEL.</li> </ul> <p>Essas economias são conservadoras quando comparadas com o potencial técnico calculado de Melo e de Martino Jannuzzi (2010). As economias de energia são calculadas ao longo de 15 anos.</p>
<p><b>Eficiência Energética em televisores</b></p>	<p>Os dados para a propriedade de televisores no Nordeste do Brasil entre 2000 e 2007 foram coletados de Achao e Schaeffer (2009). A taxa de crescimento das vendas para 2030 foi baseada em um modelo macroeconômico produzidos por Park (2011). Os dados sobre o consumo médio de energia em TVs no Brasil em 2012 e 2015 foram obtidos a partir Park (2011). Estes números revelam uma ligeira diminuição por unidade de consumo, Park atribui que devido à uma transição tecnológica em grande escala a partir de CRT e LCD CCFL-LCD de LED-LCD. No entanto, a mais longo prazo, os ganhos de eficiência são suscetíveis de serem compensados pelo aumento do tamanho da tela, para os cenários BAU por unidade de consumo de energia foi mantida constante nos níveis de 2015.</p> <p>Dois MEPS são modelados:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Padrão de Eficiência Energética 1. Economia calculada aqui consiste em 10%, 20% e 30% do consumo energético BAU para 2015, 2020 e 2025, respectivamente.</li> <li>2. Padrão de Eficiência Energética 2. Economia calculada aqui consiste em 20%, 40% e 60% do consumo energético BAU para 2015, 2020 e 2025, respectivamente.</li> </ol> <p>Essas economias são conservadoras com base no potencial técnico, sem nenhum custo líquido com televisores LED-LCD atuais, que são esperados para compensar 80% das novas compras brasileiras em 2015 (Park et al., 2013). As economias de energia são calculadas ao longo de 10 anos.</p>

## Setor Doméstico

contínuo

Medida	Resumo e Principais Hipóteses
<b>Eficiência Energética em máquinas de lavar roupa</b>	<p>Os dados para a propriedade de máquinas de lavar roupa no Nordeste do Brasil entre 2000 e 2007 foram coletados de Achar e Schaeffer (2009). As taxas de crescimento para 2030 foram projetados usando uma função de previsão, que produziu taxas de crescimento médio de 1,5%.</p> <p>Dois MEPS são modelados:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Padrão de Eficiência Energética 1. Economia calculada aqui consiste em 5%, 10% e 15% de consumo BAU de energia em 2015, 2020 e 2025, respectivamente. Com base no consumo de energia de diferentes classes de máquinas de lavar roupa no ISIS (2007), este é aproximadamente equivalente a proibição da venda de máquinas de lavar Classe E como classificados no atual sistema PROCEL.</li><li>– Padrão de Eficiência Energética 2. Economia consiste em 10%, 20% e 30% do consumo BAU de energia em 2015, 2020 e 2025, respectivamente. Com base no consumo de energia de diferentes classes de máquinas de lavar roupa no ISIS (2007), este é aproximadamente equivalente a proibição da venda de Classe D e E como máquinas de lavar categorizado no atual sistema PROCEL.</li></ul> <p>As economias de energia são calculadas ao longo de 15 anos, e com base em 4 lavagens frias de 7 kg cada por semana por casa, usando uma máquina de antecipação automática. Preços observados on-line e em lojas de varejo em São Paulo sugeriram que as diferenças de preço entre máquinas de lavar não estão significativamente com base em avaliações de eficiência energética. Na ausência de diferenças de preços padrão e com uma faixa de preço observado de R \$ 2,100-3,000 por um modelo de carregamento frontal 8,5 kg, um custo adicional de R \$ 300 foi assumido com as normas EE1 e de R \$ 600 com padrão EE2. Esta hipótese é conservadora, uma vez que as opções altamente eficientes estavam disponíveis sem nenhum custo adicional significativo.</p>
<b>Controle de energia dos eletrodomésticos</b>	<p>Modo stand-by e de uso de energia do modo de baixo consumo de eletrônicos são responsáveis por cerca de 10% da demanda de energia residencial e de serviços no Brasil (Volpi et al., 2006). Economia de gestão de energia são, portanto, com base na economia de 5% da demanda de energia residencial em Recife.</p>
<b>Resfriamento passivo Design de edifícios (superfícies de alto albedo)</b>	<p>Adotando superfícies de albedo elevado refere-se a cobrir as superfícies externas com revestimento de látex acrílico caiada para refletir o calor. Esta hipótese estima-se que pode reduzir o ganho de calor e, portanto, arrefecimento cargas de superfícies horizontais sul-orientada em 57% em Recife para um edifício comum (para paredes presume-se serem feitas de 100 mm de blocos cerâmicos de espessura cobertos com camadas de gesso de 10 mm em ambos os lados (<math>U = 1,8-2,5 \text{ W / m}^2 \text{ K}</math>), enquanto que o painel de construção feito de concreto cascalho seco foi de 100 mm de espessura (<math>L = 2-2,79 \text{ W / m}^2 \text{ K}</math>)), (Oliveira et al., 2009). Não há aumento dos custos do edifício. As economias de energia são calculados para 2040.</p>
<b>Resfriamento passivo design de edifícios (isolamento)</b>	<p>Instalação de placas de isolamento de lã de algodão 20 milímetros em novos edifícios reduziria o ganho de calor e, portanto, arrefecimento de cargas em 55% em 57% em Recife para um edifício comum (presume-se que paredes sejam feitas de 100 mm de blocos cerâmicos de espessura cobertos com camadas de gesso de 10 mm em ambos os lados (<math>U = 1,8-2,5 \text{ W / m}^2 \text{ K}</math>), enquanto que o painel de construção feito de concreto cascalho seco foi de 100 mm de espessura (<math>L = 2-2,79 \text{ W / m}^2 \text{ K}</math>) (Oliveira et al., 2009). Um custo de USD 2 / m<sup>2</sup> é utilizado, com base nos custos médios por atacado de Alibaba.com. As economias de energia são calculadas para 2040.</p>

Medida	Resumo e Principais Hipóteses
<b>Resfriamento passivo building design</b> (evaporação e resfriamento via tetos porosos)	<p>O estabelecimento de resfriamento evaporativo reduz o ganho de calor e, portanto, as cargas de refrigeração de superfícies horizontais (telhados) em 67% em Recife para edifício comum (<math>L = 1,8-2,5 \text{ W / m}^2 \text{ K}</math>), enquanto que o painel de construção feito de concreto cascalho seco foi de 100 mm de espessura (<math>L = 2-2,79 \text{ W / m}^2 \text{ K}</math>) (Oliveira et al., 2009). Neste exemplo, temos modelado de baixo custo telhados porosos (como a sílica porosa, xisto expandido, pó de coco ou pneus triturados) como a técnica de resfriamento evaporativo. A camada porosa retém a água da chuva, que é liberada por meio de evaporação no calor. A liberação de calor latente reduz média diária de temperatura do telhado por entre 6,8-8,6 °C e pode reduzir proporcionalmente o fluxo de calor a partir da laje do telhado do edifício para o interior (Wanphen e Nagano, 2009). Esta opção foi escolhida porque é a que tem menos desafios estruturais devido ao seu peso leve do que um telhado verde (ou seja, uma coberta com vegetação), bem como exigindo menos manutenção. Alguns dos materiais de telhado estão livremente disponíveis, mas o custo é assumido como sendo de 1 dólar / m<sup>2</sup>. Lagoas de águas rasas e torres de água seriam estratégias alternativas de resfriamento evaporativo. As economias de energia são calculados para 2040.</p>
<b>Resfriamento passivo building design (alto albedo e arrefecimento)</b>	<p>Combinando alta albedo e evaporando estratégias de arrefecimento é estimado para reduzir o ganho de calor e, portanto, as cargas de resfriamento de superfícies horizontais sul-orientados por 91% em Recife por um edifício típico (especificado acima), (Oliviera et al., 2009). Os custos incorridos são iguais aos com técnicas de resfriamento evaporativo (sem custos adicionais associados com superfícies de alta albedo). As economias de energia são calculados para 2040.</p>
<b>Setting LED target</b>	<p>Economias de energia consistem em uma meta de 50% de iluminação LED for efetivamente realizada em edifícios residenciais em 2030. O modelo assume que a proibição de lâmpadas incandescentes tenha sido eficaz (a suposição conservadora uma vez que até 50% dos domicílios brasileiros ainda tinha incandescente lâmpadas em sua casa em 2013, de acordo com Vahl et al. (2013) e lâmpadas LED que iria conseguir uma penetração de mercado de 25%, independentemente de intervenções políticas, com base na redução dos custos de produção e melhorar a luminosidade. A média de consumo CFL média é de 24W, sendo substituída por uma lâmpada LED de 15W. Uma lâmpada LED em 2014 tem um custo de R \$ 130 e uma vida útil de 50.000 horas; uma lâmpada CFL em 2014 tem um custo de R \$ 18 e uma vida útil de 5.500 horas (Vahl et al., 2013).</p>

## Setor Doméstico

contínuo

<b>Solar PV panel: a-Si</b> (amorphous silicon)	<p>Painel solar pensado para cobrir 95% de um telhado (tamanho médio de 288m<sup>2</sup>). Average conversion efficiency of 6.3%. Average generation of 20MWh per household. Electricity feeds into the public grid 30% of the time (Ordenesa et al., 2007). Two scenarios are modelled:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Meta de 10% das residências com painéis solares PV.</li><li>– Meta de 20% das residências com painéis solares PV.</li></ul> <p>O preço de 3kWp a-Si painel solar PV no setor residencial está baseado nos custos mínimos de tecnologia presentes em EPE (2012) (de acordo com a baixa eficiência de conversão da tecnologia), além de 20% de taxa de instalação, custos de importação e impostos. Nenhum subsídio em tarifas foi considerado porque o custo por MWh do telhado solar já está abaixo dos preços da eletricidade cobrados ao consumidor (FS-UNEP e BNEF, 2014). Consideramos que a vida útil de cada painel solar é de 20 anos.</p>
<b>Painel solar fotovoltaica: HIT</b> (heterojunção constituído por uma célula fina de a-Si PV no topo de uma célula c-Si)	<p>Painel solar pensado para cobrir 95% de um telhado (tamanho médio de 288m<sup>2</sup>). Média de conversão eficiente de 17%. Média de produção de 51.3MWh por residência. Electricity feeds into the rede pública 30% do tempo (Ordenesa et al., 2007).</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Meta de 10% das residências com painéis solares PV.</li><li>– Meta de 20% das residências com painéis solares PV.</li></ul> <p>O preço de 3kWp HIT painel solar PV no setor residencial está baseado nos dados em ABINEE (2012), que não especifica a tecnologia utilizada mas tem uma conversão eficiente comparável. Nenhum subsídio em tarifas foi considerado porque o custo por MWh do telhado solar já está abaixo dos preços da eletricidade cobrados ao consumidor. (FS-UNEP e BNEF, 2014). Consideramos que a vida útil de cada painel solar é de 20 anos.</p>
<b>Chuveiro aquecido por painel solar</b>	<p>Chuveiro elétrico de série com controle eletrônico de resistência tem alimentação padrão de 5803 W, chuveiros são utilizados por cerca de 5.15 minutos, 3x por dia por residência (Naspolini et al., 2010). Substituído por chuveiro elétrico solar assistido com controle eletrônico de resistência. Alimentação padrão 3624 W (Naspolini et al., 2010). A eficiência energética de ambos os tipos de chuveiros é assumida ser constante.</p> <p>A diferença de preço é baseada na Prefeitura do Meio Ambiente do Rio de Janeiro (2014), o que sugere que uma unidade de energia solar térmica típica pode custar em torno de R \$ 2.000, enquanto que um chuveiro elétrico de 4,4 kW vendido no Brasil por cerca de R \$ 35.</p>
<b>Desligar luzes</b>	<p>Economia consistem da energia utilizada durante uma hora por dia de iluminação. O bulbo de luz é usado em média em residências por cinco horas por dia (Pereira e de Assis, 2013).</p>



## Setor de Transporte

Measure	Summary and key assumptions
<b>Ciclovias (56km)</b>	Nós modelamos os impactos de se expandir os 20 quilômetros ciclovias do Recife a 56 km. Os custos de capital e custos de manutenção são estimadas utilizando o case de Bogotá Cicloruta (C40, de 2013). Impactos na ação transporte modal são estimados a partir de uma combinação de grupos de discussão, consulta com membros da indústria de transporte em Recife, o estudo C40 Bogotá caso (2013) e literatura acadêmica sobre o impacto das ciclovias no transporte urbano em um contexto brasileiro (Medeiros & Duarte, 2013). As informações sobre o esquema de ciclismo atual em Recife é traçada a partir agências locais do governo e ICLEI (GRT, 2014; ICLEI, 2014).
<b>Compartilhamento de Empréstimo de Bicicletas (2x current scheme)</b>	O programa de Recife consiste em dobrar o número de bicicletas atual. O custo da rede e fluxos de receitas potenciais de publicidade e assinaturas de expansão são retirados de Dias (2010). Este impacto sobre os modos de Transporte em Recife é informado por grupos focais, consulta a membros da indústria de transporte em Recife e literatura acadêmica sobre ciclismo em cidades brasileiras (Dias, 2010; Medeiros & Duarte, 2013).
<b>Bus Rapid Transit (BRT)</b>	Para o que já está planejado, mas incompletos, expansões Norte-Sul e Leste-Oeste, os dados sobre fatores de carga, distância e custos de capital são provenientes de NTU (2013). Eficiência de combustível para o BRT foram baseadas em consulta com as partes interessadas locais. Distância percorrida por ano é obtido a partir MINC (2013). Uma expansão da rede atual por 20 km é modelado usando o custo de capital e figuras ridership por km média das expansões Norte-Sul e Leste-Oeste. Fatores de eficiência para essa expansão, bem como os custos operacionais são retirados de Lindau (2013) e Duduta (2012).
<b>Taxis movidos a GNV (100% até 2030)</b>	Táxis a gasolina são convertidos para GNV progressivamente ao longo do período 2015-2030. Os custos de capital são estimados através da consulta. Valores de eficiência para veículos convertidos para GNV são retirados de Colnago (2011). O número de táxis e sua distribuição etária em Recife é traçada a partir agências governamentais locais (DETRAN, 2014; GRT 2014). A proporção de táxis que estão atualmente GNV e a distância média percorrida por mês são obtidos a partir de consulta pessoal. Fatores de eficiência de veículos são retirados do inventário de emissões ICLEI para Recife e do Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, Companhia Brasileira de Trens Urbanos (EPE, 2009, 2013a)
<b>Veículos movidos a GNV - 50% até 2030</b>	50% dos veículos de passageiros a gasolina passam por retrofit de gasolina-GNV até 2030. Os valores de eficiência para veículos convertidos para GNV são retirados de Colnago (2011). Números de veículo, tipo e idade são desenhados a partir dos dados do inventário de emissões e ICLEI (CBTU, 2013; GRT 2014). Fatores de eficiência do veículo são obtained do inventário de emissões ICLEI para Recife e do Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, Companhia Brasileira de Trens Urbanos (EPE, 2009, 2013a).

## Setor de Transporte

contínuo

Measure	Summary and key assumptions
<b>Conversão da frota de ônibus para GNV, híbridos ou biodiesel até 2030</b>	Frota de ônibus a diesel do Recife é convertido progressivamente ao longo do período 2015-2030 para o GNV, híbridos ou biodiesel ônibus. Os dados sobre a frota de ônibus atual Recife, eficiências de veículos e taxa de rotatividade de veículo são encontrados no inventário de emissões ICLEI e adquirida de agências governamentais locais (CBTU, 2013; EMTU, 1997, 2014 GRT). Tecnologias CNG, híbridos e biodiesel são escolhidos como tecnologias alternativas deve ser avaliada por meio de consultas com os membros da agência de transporte Recife, CBTU e, a partir de uma revisão de estudos de caso de tecnologias alternativas de ônibus em cidades brasileiras (D'Agosto, 2011-2013). Os custos de capital, custos de manutenção, eficiência dos veículos e expectativa de vida de funcionamento são retirados de estudos de casos brasileiros (D'Agosto, 2011-2013).
<b>Padrão de Emissões de Carbono Europeu para veículos</b>	Nós modelamos o impacto do Brasil adotar normas da UE para as emissões de carbono dos veículos de passageiros e caminhões leves (ICCT, 2014). A taxa de rotatividade de veículo é derivada de dados sobre a distribuição do estoque de veículos por idade em Recife DETRAN (2014), ea taxa de variação do estoque total de veículos em Recife (CBTU, 2013; GRT 2014). Os resultados são modelados contra um cenário de base em que a frota mantém a sua taxa histórica de melhoria na eficiência de combustível (Wills, 2010; Melo, 2010).
<b>Aumento de biodiesel, GNV e híbridos nos serviços de ônibus</b>	Nestas medidas frota de ônibus de Recife é expandida progressivamente ao longo do período 2015-2030, 20% ou 40%, tanto com GNV, híbrido ou ônibus a diesel convencionais. Os dados sobre a frota de ônibus atual Recife, eficiências de veículos e taxa de rotatividade de veículo são encontrados no inventário de emissões ICLEI e adquirida de agências governamentais locais (CBTU, 2013; EMTU, 1997, 2014 GRT). CNG e tecnologias híbridas são escolhidas como tecnologias alternativas de ônibus para serem avaliadas através de consultas com os membros da agência de transporte Recife, CBTU e, a partir de uma revisão de estudos de caso de tecnologias alternativas de ônibus em cidades brasileiras (D'Agosto, 2011-2013). Os custos de capital, custos de manutenção, eficiência dos veículos e expectativa de vida de funcionamento são retirados de estudos de casos brasileiros (D'Agosto, 2011-2013).
<b>Investimentos para aumentar o uso de transporte público e segurança</b>	Preocupações de segurança pública surgiram nas oficinas como uma das principais preocupações dos usuários de transporte público, e uma barreira para aumentar o número de viagens. Nós, portanto, avaliamos o impacto de um pacote de melhoria da segurança, incluindo a melhoria da iluminação, extensões de calçada, alarmes de segurança instalados nos locais mais perigosos e aumento da presença policial, são modelados. Custo e impactos sobre ridership são estimados com base em consultas com base em premissas conservadoras do potencial de transferência modal para transporte público.
<b>Rotulagem obrigatória sobre eficiência combustível</b>	Nesta medida o impacto do programa de rotulagem voluntária do Brasil a ser tornada obrigatória é modelado para Recife. Literatura acadêmica Key investigar programa de rotulagem do Brasil (Wills, 2010; Novgorodcev de 2010), bem como a consulta pessoal, informar o impacto esperado sobre a compra de veículos em Recife. Os resultados são modelados contra um cenário de base em que a frota mantém a sua taxa histórica de melhoria na eficiência de combustível (Wills, 2010; Melo, 2010).

<p><b>Expansão do Metrô</b></p>	<p>O metro existente é expandida 10 km através de núcleo da baixa de Recife. Os custos de capital são estimados com base no custo por km de recente expansão do metrô de São Paulo (Railway Gazette, 2013). Os custos de manutenção e operação, e os números ridership são retirados de figuras para o metro existente, a consulta com o governo local, dados do sistema existente de metrô em Recife e análise do Banco Mundial (CBTU, 2013; EMTU, 1997 GRT 2014; Soares et al. 2011).</p>
<p><b>Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos</b></p>	<p>Nestas medidas um subsídio de USD1,000 é fornecido para os proprietários de veículos para os carros que se aposentam com mais de 20 anos de idade, uma fração que representa actualmente cerca de 20% dos veículos. Duas versões desta medida são apresentados. No primeiro, a subvenção está subordinada, mediante prova de se aposentar do veículo. Na segunda versão, o subsídio é condicionada à compra de um veículo de substituição híbrido. As distâncias de deslocação por idade do veículo são retirados de Szwarcfiter et al. (2005). O número de veículos de diferentes idades em Recife foi elaborado a partir DETRAN (2014). O efeito previsto de um subsídio USD1,000 foi informado pela literatura acadêmica (Dill, 2004; Kavalec, 1997) e de consulta com as partes interessadas locais do sector do transporte.</p>
<p><b>Expansão de Zonas Azuis</b></p>	<p>Preços de estacionamento no bairro central de Recife são laumentados em 57%, a fim de incentivo alternativa transporte e angariar fundos para investimentos de trânsito. Disponibilidade de estacionamento atual e custo dados são adquiridos por meio de consultas com especialistas locais. O custo de instalação de medidores e do impacto potencial sobre transporte em Recife urbana são informados por um estudo de gestão de estacionamento em Curitiba, Brasil e literatura acadêmica sobre gestão de estacionamento inteligente no Brasil (Berenger et al, 2004;.. Ziemann et al, 2006)</p>
<p><b>Trabalho Remoto</b></p>	<p>Os funcionários do governo podem trabalhar em casa um dia por semana. Distância média de movimentos pendulares é extraída de Pereira (2013) e números de funcionários do governo são acessados por meio de consultas com painéis de stakeholders. O ano de trabalho médio deverá ser de 200 dias. Modos Transporteation e fatores de eficiência de veículos são retirados do inventário de emissões ICLEI para Recife, Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética, Companhia Brasileira de Trens Urbanos, e agências transporteation governo locais (EPE, 2009, 2013a; CBTU, 2013; EMTU de 1997, GRT 2014)</p>

## Setor de Resíduos

Medida	Resumo e Principais Hipóteses
<b>Compostagem centralizada</b>	<p>O material orgânico compreende aproximadamente 55% dos Resíduos produzidos em Recife e aproximadamente 75% de orgânicos Resíduos origina de Resíduos de alimentos no setor das famílias. Estas características de Resíduos de aterros sanitários em Recife levar a um potencial de geração de metano invulgarmente elevado (0,039).</p> <p>Compostagem centralizada, assume um tratamento biológico aeróbio de 120.000 toneladas / ano. Os cálculos das economias de emissões de carbono são baseados na IPCC (2006) e das Comunidades Europeias (2001). Supõe-se que a matéria-prima para a compostagem, planta será composta de boa qualidade, separados na origem Resíduos orgânicos (alimentos e jardim). As taxas de participação e de captura são baseados em WRAP (2009, 2011)</p> <p>Capital e os custos operacionais são baseados em estudos de casos brasileiros de compostagem, projetos com premissas conservadoras que cercam as mudanças de comportamento por parte do público em geral (Banco Mundial, 2010; Barreira de 2008; Motta 2010). As avaliações consideram uma fonte de receitas provenientes da venda do composto, com os preços internacionais atuais de compostagem e 30% dos Resíduos orgânicos para ser convertido em adubo.</p>
<b>Energia a partir de Resíduos</b>	<p>Economia de esta medida são calculadas considerando uma estação de tratamento térmico de 200.000 toneladas / ano, com potencial de geração de energia. Um cenário se baseia em eletricidade apenas a recuperação e outro sobre produção combinada de calor e electricidade (cogeração) geração. Os cálculos de emissões de electricidade e de calor e potenciais de geração de carbono poupadas por energia deslocadas são baseados na IPCC (2006), Comunidades Europeias (2001) e Gohlke (2007). Capital e os custos operacionais são baseados em projetos brasileiros (Souza et al, 2014; IRENA 2012; ESMAP, 2010). As emissões resultantes da construção da planta são derivados de Brogaard (2013).</p>
<b>Compostagem Doméstica</b>	<p>Início compostagem, assume tratamento biológico aeróbio de Resíduos orgânicos dentro do agregado familiar e as características do programa proposto para Recife são baseados em programas (Morada da Floresta, 2014) de São Paulo 'Composta São Paulo'. Fatores de rendimento potenciais foram retirados de consulta de peritos e WRAP (2009, 2011). Os cálculos das economias de emissões de carbono são baseados na IPCC (2006) e das Comunidades Europeias (2001). As taxas de participação e de captura são baseados em WRAP (2009).</p>
<b>Coleta de Resíduos por veículos híbridos</b>	<p>150 veículos a diesel utilizados na coleta de Resíduos do Recife são convertidos para a tecnologia híbrida. Custo de capital, eficiência operacional, custos de funcionamento e custos de manutenção são retirados de literatura acadêmica revisão de projetos semelhantes em cidades brasileiras (Oliviera et al, 2014; Rodrigues, 2010)</p>

## Setor de Resíduos

contínuo

Measure	Summary and key assumptions
<b>Incineração</b>	Queima de massa por incineração assume uma estação de tratamento térmico de 200.000 toneladas / ano, sem potencial de geração de energia. As emissões de carbono salvas por energia deslocadas são baseados na IPCC (2006) e das Comunidades Europeias (2001) e Gohlke (2007). O capital e os custos operacionais são baseados em estudos de casos brasileiros de projetos de incineração Resíduos (Souza et al, 2014;. IRENA 2012; ESMMPA, 2010). As emissões resultantes da construção da fábrica de derivados de Brogaard (2013).
<b>Utilização do Biogás</b>	Esta medida assume 75% de eficiência de coleta de gás de aterro (Yang, 2010; Niskanen 2013) e um factor de oxidação de 10% devido a cobertura de aterro (Manfredi et al., 2009). A geração de eletricidade a partir de biogás e CO <sub>2</sub> -e e de emissão de carbono reduções de energia deslocadas são calculados com base na literatura acadêmica (World Bank, 2005; Gohlke, 2007). 10% da eletricidade gerada é usada no local. Capital e os custos operacionais são baseados em estudos de casos brasileiros e literatura acadêmica (Souza et al, 2014;. Cruz e Paulino, 2013; Banco Mundial, 2005; Loureiro 2013). Gerador eficiências são retirados de CCE (2000).
<b>Queima do Biogás</b>	Capital e os custos operacionais são baseados em estudos de casos brasileiros de queima do biogás projetos (Banco Mundial, 2005; IRENA, 2010; e Cruz Paulino, 2013; Souza et al, 2014).. A Economia é calculada com base em 20% da eficiência de coleta de gás de aterro e um factor de oxidação de 10% devido a cobertura de aterro (Banco Mundial, 2005; Souza et al, 2014).
<b>Programa de Reciclagem</b>	Esta medida é relevante para papel, plásticos, metais e vidro e inclui um 80.000 toneladas / ano instalação de reciclagem de materiais. Este cenário pressupõe coleta seletiva de materiais recicláveis comingled e considera as emissões de carbono adicionais e custos associados à recolha selectiva. A receita proveniente da venda de materiais recicláveis é baseado nos preços em sites de comércio internacional, no momento da avaliação. Os custos de capital e de operação são baseados em estudos de caso europeus e com a Política Nacional de Resíduos Sólidos em (NLWA, 2013; WRAP, 2013)
<b>Não Geração de Resíduos</b>	O cenário prevenção Resíduos é relevante para embalagens Resíduos (papel e plástico) e assume uma redução final das embalagens de 5% ou 10%. Custos de campanhas de prevenção de Resíduos e as economias de custos de embalagem prevenção Resíduos são baseados em estudos de caso de sucesso do Reino Unido e da Política Nacional de Resíduos Sólidos (NLWA, 2013; WRAP, 2013)

## References for Appendix C

- 1 ABINEE. 2012. Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. Available from <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>> [viewed 21/10/2014]
- 2 Achão C, Schaeffer R. 2009. Decomposition analysis of the variations in residential electricity consumption in Brazil for the 1980–2007 period: Measuring the activity, intensity and structure effects. *Energy Policy*. 37(12) 5208–5220
- 3 Barreira L, Philippi Junior A, Tenório JA. 2008. Physical analyses of compost from composting plants in Brazil. *Waste Management*. 28(8) 1417-1422.
- 4 Berenger V, Marinho M, da Silva Portugal L, Balassiano R. 2004. Intelligent transportation systems and parking management: implementation potential in a Brazilian city. *Cities* 21(2) 137-148.
- 5 Brogaard, LK, Riber C, Christensen TH. 2013. Quantifying capital goods for waste incineration. *Waste Management*. 33(6) 1390-1396.
- 6 C40. 2013. Bogotá's CicloRuta is One of the Most Comprehensive Cycling Systems in the World. Available from <[http://www.c40.org/case\\_studies/bogot%C3%A1%E2%80%99s-cicloruta-is-one-of-the-most-comprehensive-cycling-systems-in-the-world](http://www.c40.org/case_studies/bogot%C3%A1%E2%80%99s-cicloruta-is-one-of-the-most-comprehensive-cycling-systems-in-the-world)> [viewed 28/11/2014]
- 7 Cardoso RB, Horta Nogueira LA, Haddad J. 2010. Economic feasibility for acquisition of efficient refrigerators in Brazil. *Applied Energy*. 87(1) 28-37
- 8 Cardoso RB, Horta Nogueira LA, Palhares de Souza E, Haddad J. 2012. An assessment of energy benefits of efficient household air-conditioners in Brazil. *Energy Efficiency*. 5 433-446
- 9 Carvalho MMQ, La Rovere EL, Gonçalves ACM. 2010. Analysis of variables that influence electric energy consumption in commercial buildings in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14(9) 3199-3205
- 10 CBTU 2013. Companhia Brasileira de Trens Urbanos. Recife. Available from <<http://www.cbtu.gov.br/imagens/relatorios/gestao2013.pdf>> [viewed 28/11/2014]
- 11 CCE. 2000. Technical Biogas Guide. Center for Energy Conservation. Lisbon, Portugal: Paulo Santos, General Energy Directorate (DGR).
- 12 Cruz SS, Paulino SR. 2013. Local use of resources from clean development mechanism projects in landfill sites in the city of São Paulo. *Ambiente & Sociedade* 16(1) 117-140.
- 13 Colnago K, Vicentini PC. 2011. Emissions from Light Vehicles Adapted with CNG kit the Metropolitan Area of Rio de Janeiro. No. 2011-36-0241. SAE Technical Paper.
- 14 De Almeida A, Hirzel S, Patrão, Fong J, Dütschke E. 2012. Energy-efficient elevators and escalators in Europe: An analysis of energy efficiency potentials and policy measures. *Energy and Buildings*. 47 151-158
- 15 D'Agosto MA, Souza CDR. 2011. CNG in Urban Transport: Usage in the Cities of Rio de Janeiro, Duque de Caxias and Nova Iguaçu. Rio de Janeiro, Brazil: COPPE/UFRJ.
- 16 D'Agosto MA, Souza CDR, Silva SD, Barboza AP, Almeida MLR. 2012. Technological Alternatives for Buses in Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brazil: COPPE/UFRJ.
- 17 D'Agosto MA, Ribeiro SK, Ribeiro de Souza CD. 2013. Opportunity to reduce greenhouse gas by the use of alternative fuels and technologies in urban public transport in Brazil. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 5(2) 177-183.
- 18 da Costa, SS. 2014. National Policy on Solid Waste. Available from <<http://www.reinnova.es/pdf/06.02%20Silvano%20Silverio%20Da%20Costa.pdf>> [viewed 27/11/2014]
- 19 da Motta RS, Hargrave J, Luedemann G, Gutierrez MBS. 2010. Climate Change in Brazil: Economic, social and regulatory aspects. Available from <[http://www.ipea.gov.br/portal/imagens/stories/PDFs/livros/livros/livro\\_climatechange\\_ingles.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/imagens/stories/PDFs/livros/livros/livro_climatechange_ingles.pdf)> [viewed 28/11/2014]
- 20 de Melo CA, de Martino Jannuzzi G. 2010. Energy efficiency standards for refrigerators in Brazil: A methodology for impact evaluation. *Energy Policy*. 38(11) 6545-6550
- 21 de Oliveira, LA de Almeida D'Agnosta, M, Fernandes VA, de Oliveira M. 2014. A financial and environmental evaluation for the introduction of diesel-hydraulic hybrid-drive system in urban waste collection. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 31 100-109.
- 22 de Oliveira JT, Hagishima A, Tanimoto J. 2009. Estimation of passive cooling efficiency for environmental design in Brazil. *Energy and Buildings*. 41(8) 809-813
- 23 DETRAN 2014. Table 1.13 - Frota de Veículos, segundo a idade, Pernambuco. Government of Pernambuco. Available from <[http://www.detran.pe.gov.br/imagens/stories/estatisticas/HP/1.13\\_idade\\_frota.pdf](http://www.detran.pe.gov.br/imagens/stories/estatisticas/HP/1.13_idade_frota.pdf)> [viewed 28/11/2014]
- 24 Dias Batista E. 2010. Bicycle Sharing in Developing Countries: A proposal towards sustainable transportation in Brazilian median cities. Available from <<http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:471450/FULLTEXT01.pdf>> [viewed 28/11/2014]
- 25 Dill J. 2004. Estimating emissions reductions from accelerated vehicle retirement programs. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 9(2) 87-106
- 26 Duduta N, Adriazol C, Hidalgo D, Lindau LA, Jaffe R. 2012. Understanding Road Safety Impact of High-Performance Bus Rapid Transit and Busway Design Features. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2317(1) 8-14.
- 27 Department of Energy. 2011. Report on the First Quadrennial Technology Review. USA. Available from <<http://energy.gov/sites/prod/files/ReportOnTheFirstQTR.pdf>> [viewed 13/11/2014]
- 28 Department of Energy. 2014. Retrofit financial analysis tool, version 1.1.01. USA. Available from <<http://energy.gov/eere/ssl/downloads/retrofit-financial-analysis-tool-version-1101>> [viewed 10/11/2014]
- 29 e4 Project. 2010. Methodology of Energy Measurement and Estimation of Annual Energy Consumption of Lifts (Elevators), Escalators and Moving Walkways. Available from <[http://www.e4project.eu/Documenti/WP3/E4\\_WP3%20D3.2%20Report%20Final-2.pdf](http://www.e4project.eu/Documenti/WP3/E4_WP3%20D3.2%20Report%20Final-2.pdf)> [viewed 10/11/2014]
- 30 Electrobras. 1998. Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo (Survey on household appliances ownership and electricity consumption). Electrobras, PROCEL, PUC-Rio, Brazil.
- 31 EMTU. 1997. Pesquisa da RMR sobre Transporte Público de Passageiros. Relatório Final. Volume 1, Recife: EMTU.
- 32 EPE. 2012. Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira. Available at <[http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos\\_23/NT\\_EnergiaSolar\\_2012.pdf](http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf)> [viewed 21/10/2014]
- 33 European Communities. 2001. Waste Management Options and Climate Change. Available from <[http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/climate\\_change.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/climate_change.pdf)> [viewed 10/09/2014]
- 34 FS-UNEP and BNEF (2014). Global Trends in Renewable Energy Investment 2014. Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance and Bloomberg New Energy Finance. Available from <<http://fs-unep-centre.org/publications/gtr-2014>> [viewed 21/10/2014]
- 35 Geller H, de Martino Jannuzzi G, Schaeffer R, Tolmasquim MT. 1998. The efficient use of electricity in Brazil: progress and opportunities. *Energy Policy*. 26(11) 859-872 DOI: 10.1016/S0301-4215(98)00006-8
- 36 Gohlke O, Martin J. 2007. Drivers for innovation in waste-to-energy Technology. *Waste Management & Research*. 25 214 –219.
- 37 GRT. 2014. Grande Recife Transporte. Government of Pernambuco. Available from <<http://www.granderecife.pe.gov.br/web/grande-recife/evolucao-de-passageiros-transportados-equivalente>> [viewed 21/10/2014]
- 38 Harvey LDD. 2009. Reducing energy use in the buildings sector: measures, costs, and examples. *Energy Efficiency*. 2 139-163. DOI: 10.1007/s12053-009-9041-2
- 39 ICLEI 2014. Suwon and Recife tackle urban traffic with ecomobility. Available from <<http://www.iclei.org/details/article/suwon-and-recife-tackle-urban-traffic-with-ecomobility.html>> [viewed 28/11/2014]
- 40 International Council on Clean Transportation. 2014. EU CO2 standards for passenger cars and light-commercial vehicles. Available from <[http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate\\_EU-95gram\\_jan2014.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate_EU-95gram_jan2014.pdf)> [viewed 5/02/2014]
- 41 IPCC. 2006a. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5: Waste. Available from <[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5\\_Volumes/5\\_3\\_Ch3\\_SWDS.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/5_Volumes/5_3_Ch3_SWDS.pdf)> [viewed 30/10/2014]
- 42 IRENA. 2010. Brazil Low Carbon Case Study. Technical Synthesis Report. International Renewable Energy Agency. Available from <[http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/Waste\\_English\\_final\\_09-12.pdf](http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/Waste_English_final_09-12.pdf)> [viewed 6/10/2014]
- 43 IRENA 2012. Waste to Energy for More Effective Landfill Site Management. International Renewable Energy Agency. Belo Horizonte, Brazil. Available from <[http://www.irena.org/Publications/RE\\_Policy\\_Cities\\_CaseStudies/IRENA%20cities%20case%203%20Belo%20Horizonte.pdf](http://www.irena.org/Publications/RE_Policy_Cities_CaseStudies/IRENA%20cities%20case%203%20Belo%20Horizonte.pdf)> [viewed 6/10/2014]
- 44 ISIS. 2007. Lot 14: Domestic Washing Machines and Dishwashers. Preparatory Studies for Eco-design requirements of EuPs (Tender TREN/D1/40-2005). Available from <<http://www.atlete.eu/doc/eeco/Lot%2014%20Draft%20Final%20Report%20tasks%201-2.pdf>> [viewed 20/10/2014]
- 45 Kavalec C, Setiawan W. 1997. An analysis of accelerated vehicle retirement programs using a discrete choice personal vehicle model. *Transport Policy* 4(2) 95-107.
- 46 Lindau LA, Pereira BM, de Castilho RA, Diógenes MC, Herrera Maldonado, JC. 2013. Exploring the performance limit of a single lane per direction Bus Rapid Transit 1 Systems (BRT) 2. *Transportation Research Board*. 92nd Annual Meeting. 13(1412)

- 47 Loureiro SM, Rovere ELL, Mahler CF 2013. Analysis of potential for reducing emissions of greenhouse gases in municipal solid waste in Brazil, in the state and city of Rio de Janeiro. *Waste Management*. 33(5) 1302-1312.
- 48 Manfredi S, Tonini D, Christensen TH, Scharff H. 2009. Landfilling of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management Resources*. 27: 825
- 49 McNeil MA, Letschert VE. 2008. Future air conditioning energy consumption in developing countries and what can be done about it: the potential of efficiency in the residential sector. Lawrence Berkeley National Laboratory. Available from <<http://escholarship.org/uc/item/64f9r6wr>> [viewed 16/10/2014]
- 50 McNeil MA, Letschert VE. 2010. Modeling diffusion of electrical appliances in the residential sector. *Energy and Buildings*. 42(6) 783-790
- 51 Medeiros RM, Duarte F 2013. Policy to promote bicycle use or bicycle to promote politicians? Bicycles in the imagery of urban mobility in Brazil. *Urban, Planning and Transport Research* 1(1) 28-39, DOI: 10.1080/21650020.2013.866875
- 52 Melo TC, Colnago K, Loureiro LN. 2010. An Overview of Brazilian New Emission and Fuel Legislation for Light Duty Vehicles. No. 2010-01-1570. SAE Technical Paper
- 53 Minc C. 2013. I Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Available from <[http://www.mma.gov.br/estruturas/182/\\_arquivos/inventari\\_o\\_de\\_emisses\\_veiculares\\_182.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/inventari_o_de_emisses_veiculares_182.pdf)> [viewed 28/11/2014]
- 54 Morada da Floresta. 2014. Composta Sao Paulo. Municipality of Sao Paulo. Available from <<http://www.compostasaopaulo.eco.br/>> [viewed 28/11/2014]
- 55 Naspolini HF, Militão HSG, Rütther R. 2010. The role and benefits of solar water heating in the energy demands of low-income dwellings in Brazil. *Energy Conversion and Management*. 51(12) 2835-2845
- 56 Niskanen A, Värri H, Havukainen J, Uusitalo V and Horttanainen M. 2013. Enhancing landfill gas recovery. *Journal of Cleaner Production*. 55: 67-71
- 57 NLWA. 2012. North London Waste Prevention Plan. North London Waste Authority. Available from <<http://www.nlwa.gov.uk/docs/nlwa-general-documents-andplans/2012-14-waste-prevention-plan-final.pdf>> [viewed 30/04/2014]
- 58 Novgorodcev A, Branco GM, Branco FC, Martin R, Alzuguir CG, Mainier F. 2010 Labelling and standards for light duty vehicles in Brazil improving energy efficiency and reducing CO2. Available from <<http://www.fisita2010.com/programme/programme/pdf/F2010G007.pdf>> [viewed 27/11/2014]
- 59 NTU. 2013. BRT Studies in Brasil. Brasilia. Available from <<http://www.vivanext.com/files/TransitPanel/BRT%20Studies%20in%20Brazil.pdf>> [viewed 17/10/2014]
- 60 Ordenesa M, Marinosska DL, Brauna P, Rütther R. 2007. The impact of building-integrated photovoltaics on the energy demand of multi-family dwellings in Brazil. *Energy and Buildings*. 39(6) 629-642
- 61 Park WY. 2011. TV Energy Consumption Trends and Energy-Efficiency Improvement Options. Lawrence Berkeley National Laboratory. Available from <<http://escholarship.org/uc/item/8mk3d4k5>> [viewed 20/10/2014]
- 62 Park WY, Phadke A, Shah N, Letschert V. 2013. Efficiency improvement opportunities in TVs: Implications for market transformation programs. *Energy Policy*. 59 361-372
- 63 Pereira IM, de Assis ES. 2013. Urban energy consumption mapping for energy management. *Energy Policy*. 59 257-269
- 64 Pereira, RHM, Schwane T. 2013. Commute time in Brazil (1992-2009): Differences between metropolitan areas, by income levels and gender. No. 1813a. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA).
- 65 Railway Gazette. 2013. São Paulo Line 6 tender called. *Railway Gazette*. Available from <<http://www.railwaygazette.com/news/single-view/view/sao-paulo-line-6-tender-called.html>> [viewed 19/10/2014]
- 66 Rio Prefeitura Meio Ambiente. 2014. Energy Toolkit for Buildings: Solar Thermal Water Heating. Available from <<http://www.riorenewables.com/renewable-technologies/solar-energy/solar-water-heating>> [viewed 21/10/2014]
- 67 Rodrigues RS, 2010. Análise da Tecnologia Híbrida Hidráulica para Frota de Caminhões no Município de São Paulo. Dissertação de M. Sc., USP, São Paulo, SP, Brasil. Available from <[http://www.automotivapoliusp.org.br/mest/banc/pdf/Rodrigo\\_Rodrigu\\_es.pdf](http://www.automotivapoliusp.org.br/mest/banc/pdf/Rodrigo_Rodrigu_es.pdf)> [viewed 28/11/14]
- 68 Silva Alves JW, de Gouvello C, de Oliveira BP, Magalhães Cunha HC, Cunha Alves TL, Santo Filho FE, Gomes Cunha ME, Toshio E. 2010. Brazil Low Carbon Case Study: Waste. World Bank. Available from <[http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/Waste\\_English\\_final\\_09-12.pdf](http://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/Waste_English_final_09-12.pdf)> [viewed 27/11/2014]
- 69 Souza SN, Horttanainen M, Antonelli J, Klaus O, Lindino CA, Nogueira CE. 2014. Technical potential of electricity production from municipal solid waste disposed in the biggest cities in Brazil: Landfill gas, biogas and thermal treatment. *Waste Management & Research*. 32(10) 1015-1023.
- 70 Szwarcfiter L, Mendes FE, Rovere ELL. 2005. Enhancing the effects of the Brazilian program to reduce atmospheric pollutant emissions from vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 10(2) 153-160.
- 71 The Climate Group. 2012. Global outdoor LED trials: Analysis for Lighting Managers. Available from <[http://www.theclimategroup.org/\\_assets/files/LED-Report-Full-FINAL-low-res%281%29.pdf](http://www.theclimategroup.org/_assets/files/LED-Report-Full-FINAL-low-res%281%29.pdf)> [viewed 10/11/2014]
- 72 Vahl FP, Campos LMS, Filho NC. 2013. Sustainability constraints in techno-economic analysis of general lighting retrofits. *Energy and Buildings*. 67 500-507
- 73 Volpi G, Jannuzzi G, Gomes RDM. 2006. A sustainable electricity blueprint for Brazil. *Energy for Sustainable Development*. X(4) 14-24
- 74 Wanphen S, Negano K. 2009. Experimental study of the performance of porous materials to moderate the roof surface temperature by its evaporative cooling effect. *Building and Environment*. 44 338-351
- 75 Wills W, Rovere ELL. 2010. Light vehicle energy efficiency programs and their impact on Brazilian CO2 emissions. *Energy Policy*. 38(11) 6453-6462.
- 76 WRAP. 2009. Evaluation of the WRAP Separate Food Waste Collection Trials. Waste and Resources Action Programme. Available from <[http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Evaluation\\_of\\_the\\_WRAP\\_FW\\_Collection\\_Trials\\_Update\\_June\\_2009.pdf](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Evaluation_of_the_WRAP_FW_Collection_Trials_Update_June_2009.pdf)>
- 77 WRAP. 2011. Comparing the cost of alternative waste treatment options. Waste and Resources Action Programme. Available from <<http://www.uel.ac.uk/www-media/uel/migratedcontent/greenthing/documents/WRAPGateFeesReport2011.pdf>> [viewed 30/04/2014]
- 78 WRAP. 2013. Waste prevention reviews in the food and drink sector. Waste and Resources Action Programme. Available from <<http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Summary%20report%20-%20waste%20prevention%20reviews%20in%20the%20food%20and%20drink%20sector.pdf>> [viewed 30/04/2014]
- 79 World Bank. 2005. Nova Gerar Landfill Rio de Janeiro. World Bank. Washington, DC. Available from <<http://www.worldbank.org/projects/P079182/nova-gerar-landfill-rio-de-janeiro?lang=en>> [viewed 27/11/2014]
- 80 World Bank. 2010. Estudo de Baixo Carbono para o Brasil : Relatório de Síntese Técnica - Resíduos. World Bank. Washington, DC. Available from <<http://documents.worldbank.org/curated/en/2010/01/16475544/brazil-low-carbon-case-study-technical-synthesis-report-waste-estudo-de-baixo-carbono-para-o-brasil-relat%C3%B3rio-de-s%C3%ADntese-t%C3%A9cnica-res%C3%ADduos>> [viewed 27/11/2014]
- 81 Yang N, Zhang H, Shao LM, Lü F, He PJ 2013. Greenhouse gas emissions during MSW landfilling in China: Influence of waste characteristics and LFG treatment measures. *Journal of Environmental Management* 129 510-521
- 82 Ziemann C. 2006. Is Curitiba, Brazil, the model city for parking management? *Transportation Research Board*. 88th Annual Meeting. No. 09)3841.

- Cost effective
- Cost neutral
- All others including “cost ineffective” and those mutually exclusive with other measures

## Anexo D:

**Tabela Classificativa das Medidas mais custo-efetivas em Recife (USD/tCO<sub>2</sub>-e)**

Posição	Setor	Medida:	R\$	USD
			/tCO <sub>2</sub> -e	/tCO <sub>2</sub> -e
1	Comercial	Ar-Condicionado (Padrão EE 1)	-9,887.01	-4,208.90
2	Comercial	Ar-Condicionado (Padrão EE 2)	-8,040.84	-3,422.99
3	Transporte	Conversão de 200 taxis para GNV até 2030	-3,106.72	-2141.76
4	Transporte	Aumento dos serviços de ônibus movidos a GNV - 40%	-2,905.38	-1468.21
5	Transporte	Aumento dos serviços de ônibus movidos a GNV - 20%	-2,354.33	-1406.15
6	Transporte	Veículos movidos a GNV - 10% até 2030	-2,035.23	-1347.99
7	Residencial	Resfriamento passivo (evaporative cooling via porous roofs)	-1,920.56	-1,322.53
8	Residencial	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 2)	-1,840.90	-1,236.82
9	Residencial	Desligar as Luzes	-1,811.97	-1,002.24
10	Comercial	Desligar as Luzes	-1,052.05	-866.40
11	Residencial	Resfriamento passivo ( alto albedo)	-1,001.20	-817.58
12	Comercial	Lâmpadas de LED em Ruas	-911.75	-783.67
13	Residencial	Resfriamento passivo (alto albedo e tetos evaporativos e porosos)	-625.02	-771.36
14	Transporte	Aumento nos serviços de ônibus híbridos - 20%	-598.60	-477.52
15	Residencial	Ar-Condicionado (Padrão EE 1)	-573.84	-447.86
16	Transporte	Aumento nos serviços de ônibus híbridos - 40%	-557.94	-426.64
17	Residencial	Ar-Condicionado (Padrão EE 2)	-388.49	-426.21
18	Transporte	Padrão Europeu de Emissão de Carbono para veículos	-275.90	-425.43
19	Transporte	Rotulagem Obrigatória sobre a eficiência do combustível efficiency labelling	-203.28	-368.98
20	Transporte	Conversão da frota existente de ônibus para GNV até 2030	-181.62	-302.45
21	Transporte	BRT – Norte-Sul	-181.11	-254.48
22	Comercial	Meta de 100% lâmpadas de LED até 2030 (Edifícios Comerciais)	-157.07	-237.51
23	Transporte	Trabalho Remoto	-128.76	-223.75
24	Transporte	Expansão dos Zonas Azuis	-113.91	-209.43
25	Resíduos	Energia produzida a partir de resíduos (combinação de calor e energia)	-108.33	-202.78
26	Comercial	Meta de 100% lâmpadas de LED até 2030 (Edifícios Públicos)	-95.25	-165.38
27	Transporte	BRT – Leste- Oeste	-89.15	-163.67
28	Resíduos	Retrofit nos veículos para coleta de resíduos ( híbridos)	-86.32	-151.26
29	Resíduos	Energia produzida dos resíduos (eletricidade)	-76.13	-134.70
30	Residencial	Painéis Solares a-Si solar	-69.67	-117.45
31	Transporte	Conversão da frota existente de ônibus para veículos híbridos até 2030	-64.39	-112.41
32	Residencial	Meta de 50% para Lâmpadas de LED	-57.34	-48.49
33	Residencial	Painel Solar HIT	-47.85	-32.41
34	Resíduos	Utilização GNV	-11.28	-26.50
35	Transporte	Compartilhamento de Bicicletas	-2.28	-2.76
36	Residencial	Controle de energia dos eletrodomésticos	-1.84	-0.97
37	Comercial	Elevadores e Escadas-rolantes (Padrão EE 1)	-1.84	-0.78
38	Comercial	Elevadores e Escadas-rolantes (Padrão EE 2)	-1.17	-0.78



 Cost effective

 Cost neutral

 All others including “cost ineffective” and those mutually exclusive with other measures

## Anexo D:

Tabela Classificativa das Medidas mais custo-efetivas em Recife (USD/tCO<sub>2</sub>-e)

Rank	Sector	Measure:	BRL	USD
			/tCO <sub>2</sub> -e	/tCO <sub>2</sub> -e
39	Residencial	Televisão (Padrão EE 2)	-0.11	-0.05
40	Residencial	Televisão (Padrão EE 1)	-0.09	-0.04
41	Resíduos	Prevenção de Resíduos - 10%	0.85	1.99
42	Resíduos	Compostagem centralizada	1.20	2.81
43	Resíduos	Prevenção de Resíduos - 5%	1.63	3.82
44	Comercial	a-Si solar PV panel	7.13	8.48
45	Resíduos	Queima de GNV	10.18	16.75
46	Resíduos	Programa de Reciclagem - 40%	19.93	23.91
47	Resíduos	Compostagem Doméstica –30% da quantidade produzida	27.61	64.85
48	Resíduos	Compostagem Doméstica - 15% da quantidade produzida	29.08	68.30
49	Resíduos	Programa de Reciclagem - 20%	33.91	79.65
50	Comercial	Painel Solar HIT	64.42	93.53
51	Transporte	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos - hybrid voucher valued at USD1,000	91.25	151.32
52	Transporte	Converter a atual frota de ônibus ao biodiesel	92.00	214.35
53	Resíduos	Incineração	106.74	216.11
54	Transporte	Ciclovias	219.70	250.73
55	Residencial	Refrigerador (Padrão EE 1)	338.39	715.22
56	Transporte	Investimentos para aumentar o uso e segurança do transporte público	396.61	794.91
57	Transporte	Capacidade de expansão do BRT Norte-Sul e Leste-Oeste	459.74	931.66
58	Residencial	Resfriamento passivo (thermal insulation)	1,457.44	968.08
59	Comercial	Green Building Standard 2	1,680.09	1,079.93
60	Transporte	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos – cash payments of USD1,000	2,274.09	1,079.96
61	Comercial	Edifícios Verdes Standard 1	2,536.82	1,260.19
62	Residencial	Chuveiro Aquecido por Painel Solar	2,960.27	1,400.98
63	Transporte	Aumento nos serviços de ônibus- 20%	3,291.01	3,423.62
64	Comercial	Vidros Duplos mais isolamento de poliestireno- retrofit em edificios comerciais	10,697.62	7,990.62
65	Comercial	Vidros Duplos mais isolamento de poliestireno- retrofit em edificios comerciais	18,770.55	7,992.41
66	Residencial	Máquina de Lavar (Padrão EE 1)	18,774.74	12,942.99
67	Residencial	Máquina de Lavar (Padrão EE 2)	30,404.01	12,942.99
68	Transporte	Expansão do Metrô	30,404.01	25,129.48

- Cost effective
- Cost neutral
- All others including “cost ineffective” and those mutually exclusive with other measures

## Anexo E:

### League Tabela of the Most Carbon-Effective Measures in Recife (ktCO<sub>2</sub>-e)

Posição	Setor	Medida:	ktCO <sub>2</sub> -e
1	Resíduo	Compostagem centralizada	7,878.44
2	Transporte	Converter a atual frota de ônibus ao biodiesel	7,467.92
3	Resíduo	Utilização do Biogás	4,333.67
4	Transporte	Adoção dos padrões de emissão da União Europeia para veículos	4,140.15
5	Resíduos	Queima de Biogás	4,120.38
6	Resíduos	Energia dos Resíduos (calor e energia combinados)	3,661.55
7	Resíduos	Incineração	3,538.34
8	Resíduos	Energia dos Resíduos (eletricidade)	3,538.34
9	Transporte	Converter a frota atual de ônibus para híbridos até 2030	3,006.82
10	Resíduos	Compostagem doméstica, - 30% da produção	2,541.35
11	Resíduos	Programa de Reciclagem - 40%	2,438.34
12	Transporte	Converter a frota atual de ônibus para GNV até 2030	1,435.40
13	Resíduos	Compostagem doméstica, - 15% yield	1,297.15
14	Resíduos	Prevenção de Resíduos - 10%	1,133.51
15	Resíduos	Programa de Reciclagem- 20%	1,105.77
16	Transporte	Aumento no serviços de ônibus híbridos - 40%	686.60
17	Transporte	Expansão de Zonas Azuis	654.47
18	Resíduos	Não Geração de Resíduos - 5%	590.67
19	Transporte	Aumentar o serviço de ônibus movido a GNV bus service - 40%	394.16
20	Commercial	Ar-Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 2)	393.52
21	Transporte	Increase in hybrid bus service - 20%	373.89
22	Residencial	HIT solar PV panel - 10% of households by 2030	225.56
23	Transporte	Increase in CNG bus service - 20%	224.41
24	Residencial	Ar-condicionado (Padrão de Eficiência Energética 2)	212.11
25	Commercial	Ar-condicionado (Padrão de Eficiência Energética 1)	196.76
26	Residencial	Ar-condicionado (Padrão de Eficiência Energética 1)	169.33
27	Residencial	Controle de energia dos eletrodomésticos	157.31
28	Commercial	Edifícios Verdes Padrão 2 - 100% dos novos prédios	121.55
29	Residencial	Painel Solar HIT - 5% dos domicílios até 2030	112.78
30	Transporte	BRT – Norte-Sul	111.80
31	Commercial	Meta de lâmpada de LED- 100% dos edifícios comerciais até 2030	109.09
32	Residencial	Desligar as luzes	100.77
33	Transporte	BRT – Leste-Oeste	96.94
34	Transporte	Cicloviás (56km)	94.35
35	Residencial	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 2)	93.87
36	Residencial	Painel Solar a-Si - 10% dos domicílios até 2030	83.59
37	Transporte	Compartilhamento de bicicletas (2x o programa atual)	78.63
38	Transporte	Expansão do Metro	78.33
39	Transporte	Conversão dos 200 taxi para GNV até 2030	72.04

- Cost effective
- Cost neutral
- All others including “cost ineffective” and those mutually exclusive with other measures

## Appendix E:

### League Table of the Most Carbon-Effective Measures in Recife (ktCO<sub>2</sub>-e)

Posição	Sector	Medida:	ktCO <sub>2</sub> -e
40	Transporte	Aumento no serviço de ônibus - 20%	67.00
41	Commercial	Desligar iluminação interna	66.41
42	Residencial	Televisão (Padrão de Eficiência Energética 2)	66.11
43	Transporte	Investimentos para aumentar o uso e segurança do transporte público	62.90
44	Residencial	Televisão - Padrão de Eficiência Energética 1	61.35
45	Commercial	Padrão 2 de Edifícios Verdes Green Building Standard 2 - 50% dos novos edifícios a partir de 2015	60.77
46	Commercial	Standard 1 - 100% dos novos edifícios a partir de 2015	60.77
47	Residencial	Resfriamento passivo (alto albedo e tetos resfriadores e porosos) – Cenário 2, BAU	54.56
48	Residencial	Painel Solar a-Si solar PV panel - 5% dos domicílios até 2030	41.80
49	Residencial	Chuveiros com aquecimento solar - 40% dos domicílios até 2030	39.99
50	Transporte	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos - incentivo de USD1,000	39.48
51	Residencial	Resfriamento passivo (high albedo) - Scenario 2, BAU	34.18
52	Residencial	Resfriamento passivo (isolamento térmico) - Cenário 2, BAU	32.98
53	Commercial	Standard 1 - 50% dos novos edifícios a partir de 2015	30.39
54	Residencial	Meta de 50% para LED	29.09
55	Resíduos	Coleta de Resíduos com Veículos Híbridos	28.11
56	Commercial	Painel Solar HIT - 20MW extras até 2030	27.63
57	Residencial	Resfriamento passivo (alto albedo e tetos resfriados e porosos) – Cenário 1, BAU	21.29
58	Transporte	Capacidade de expansão do BRT Norte-Sul e Leste-Oeste	20.33
59	Residencial	Chuveiro elétrico apoiado com painel solar - 20% dos domicílios até 2030	19.99
60	Residencial	Refrigerador - Padrão de Eficiência Energética 1	19.72
61	Transporte	Veículos GNV - 10% até 2030	18.69
62	Residencial	Resfriamento passivo (alto albedo e tetos resfriados e porosos) – Cenário 1, BAU	17.09
63	Residencial	Resfriamento passivo (alto albedo e tetos resfriados e porosos) – Cenário 1, BAU	17.09
64	Residencial	Resfriamento passivo (isolamento termal) - Cenário 1, BAU	16.49
65	Residencial	Resfriamento passivo (evaporative cooling via porous roofs) - Scenario 2, BAU	15.56
66	Transporte	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos - incentivo de USD1,000	13.83
67	Commercial	Painel Solar HIT - 10MW adicionais até 2030	13.81
68	Commercial	Vidros duplos refletores mais isolamento de poliestireno – retrofit de 20% dos edifícios comerciais	13.76
69	Commercial	Elevadores e escadas rolantes (Padrão de Eficiência Energética 2)	13.37
70	Transporte	Rotulagem Obrigatória sobre a eficiência energética	11.85
71	Commercial	Lâmpadas de LED em ruas	11.64
72	Commercial	Painel Solar a-Si - 20MW adicionais até 2030	10.24
73	Commercial	Meta de 100% de LED até 2030( Edifícios Públicos)	7.84
74	Commercial	Vidros duplos refletores mais isolamento de poliestireno – retrofit de 10% dos edifícios comerciais	6.88
75	Commercial	Elevadores e escadas rolantes (Padrão de Eficiência Energética 1)	6.69
76	Commercial	Painéis solares a-Si - 10MW adicionais até 2030	5.12
77	Commercial	Vidros duplos refletores mais isolamento de poliestireno – retrofit de 100% dos edifícios comerciais	5.06

- Cost effective
- Cost neutral
- All others including “cost ineffective” and those mutually exclusive with other measures

## Anexo E:

### League Tabela of the Most Carbon-Effective Measures in Recife (ktCO<sub>2</sub>-e)

Posição	Setor	Medida:	ktCO <sub>2</sub> -e
78	Residential	Washing machine (EE Standard 2)	2.89
79	Commercial	Double glazed reflective glass plus polystyrene insulation - retrofit 50% of public buildings	2.53
80	Residential	Washing machine (EE Standard 1)	1.45
81	Transport	Teleworking	0.54

Cost effective

Cost neutral

All others including “cost ineffective” and those mutually exclusive with other measures

## Anexo F:

Tabela Classificativa das medidas mais social, política e ambientalmente aceitáveis em Recife

Posição	Sector	Medida	Aceitação Política	Aceitação Pública	Capacidade de implementação	Impacto no desenvolvimento Humano	Impacto ambiental	Média ponderada
1	Transporte	Empréstimo de Bicicletas	3.9	4.2	4.1	4.7	4.7	4.17
2	Transporte	Investimentos para aumentar o uso e segurança no transporte público	4.0	4.3	3.9	4.8	4.4	4.14
3	Residencial	Ar Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 1)	4.5	4.5	4.5	2.9	3.0	4.11
4	Residencial	Ar Condicionado (Padrão de Eficiência Energética 2)	4.5	4.5	4.5	2.9	3.0	4.11
5	Residencial	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 2)	4.3	4.3	4.5	2.9	2.9	3.98
6	Residencial	Refrigerador (Padrão de Eficiência Energética 1)	4.3	4.3	4.5	2.9	2.9	3.98
7	Transporte	BRT – Norte Sul	4.2	4.4	3.5	4.3	3.9	3.91
8	Transporte	BRT – Leste Oeste	4.2	4.4	3.5	4.3	3.9	3.91
9	Transporte	Ciclovias	3.6	4.1	3.9	4.1	4.3	3.90
10	Transporte	Aumento no serviço de ônibus - 20%	3.9	4.9	3.4	4.2	4.0	3.90
11	Público e comercial	Iluminação Pública com LED	4.1	4.7	3.0	3.9	4.3	3.89
12	Transporte	Expansão da capacidade do BRT Norte-Sul e Leste-Oeste	4.0	4.4	3.5	4.3	3.9	3.88
13	Transporte	Expansão do metrô	3.8	4.9	3.1	4.4	4.4	3.87
14	Transporte	Aumento no serviço de ônibus - 40%	3.7	4.9	3.2	4.2	4.1	3.80
15	Transporte	Aumento no serviço de ônibus híbridos - 20%	3.2	4.4	3.6	4.6	4.0	3.79
16	Residencial	Controle de energia dos eletrodomésticos	3.5	3.5	3.5	4.3	4.3	3.75
17	Resíduos	Prevenção de Resíduos - 5%	3.7	3.8	3.3	4.2	4.4	3.72
18	Resíduos	Programa de reciclagem – 20%	3.8	4.2	3.1	4.2	4.4	3.69
19	Residencial	Televisão (Padrão de Eficiência Energética 2)	4.3	3.8	3.9	2.9	2.9	3.69
20	Residencial	Televisão (Padrão de Eficiência Energética 1)	4.3	3.8	3.9	2.9	2.9	3.69
21	Transporte	Rotulagem Obrigatória sobre a eficiência do combustível efficiency labelling	3.6	4.1	3.2	4.2	4.2	3.65
22	Resíduos	Compostagem doméstica, - 15 dos resíduos	3.5	3.5	3.4	4.3	4.4	3.64
23	Público e comercial	Estabelecer meta LED de 100% até 2030 (edifícios comerciais)	3.4	3.9	2.9	4.1	4.4	3.64
24	Público e comercial	Edifício Verde Padrão 2	3.6	4.3	2.4	4.4	4.7	3.64
25	Resíduos	Compostagem Doméstica, - 30% dos resíduos	3.6	3.6	3.1	4.5	4.5	3.62
26	Transporte	Expansão de Zonas Azuis	3.9	4.0	3.0	4.1	4.1	3.62
27	Resíduos	Compostagem centralizada,	3.4	3.6	3.1	4.5	4.6	3.61
28	Resíduos	Programa de reciclagem - 40%	3.2	3.8	3.0	4.6	4.9	3.60
29	Transporte	Aumento no serviço de ônibus movidos a GNV - 20%	3.3	4.3	3.2	3.8	4.0	3.60
30	Resíduos	Coleta de Resíduos híbridos de retrofit	3.5	4.4	2.8	4.2	4.3	3.59
31	Transporte	Trabalho Remoto	3.1	4.1	3.4	4.1	4.1	3.58
32	Residencial	Estabelecer meta LED de 50%	3.6	3.4	3.3	4.2	4.0	3.57
33	Resíduos	Queima de Biogás	3.4	3.7	3.3	3.8	4.1	3.55
34	Resíduos	Utilização do Biogás	3.9	4.2	4.1	4.7	4.7	4.17

Posição	Setor	Medida	Aceitação Política	Aceitação Pública	Capacidade de implementação	Impacto no envolvimento Humano	Impacto ambiental	Média ponderada
35	Público e comercial	Edifício Verde Padrão 1	3.6	4.2	2.4	4.1	4.5	3.53
36	Público e comercial	Double glazed reflective glass plus polystyrene insulation (public buildings)	3.6	4.2	2.4	4.1	4.5	3.53
37	Público e comercial	Double glazed reflective glass plus polystyrene insulation (edifícios comerciais)	3.6	4.2	2.4	4.1	4.5	3.53
38	Resíduos	Prevenção de Resíduos – 10%	3.3	3.3	3.0	4.5	4.6	3.51
39	Transporte	Converting taxis to CNG by 2030	3.6	4.4	2.9	4.0	4.4	3.49
40	Transporte	Conversão da frota atual de ônibus para GNV até 2030	3.1	4.4	2.9	4.2	4.4	3.49
41	Público e comercial	Estabelecer meta LED de 100% até 2030 (edifícios públicos)	3.2	4.1	2.6	4.0	4.3	3.49
42	Resíduos	Energia gerada de resíduos (eletricidade)	3.4	4.3	2.6	4.2	4.2	3.47
43	Residencial	Máquina de lavar (Padrão de Eficiência Energética 2)	3.6	3.8	3.4	3.1	3.1	3.42
44	Residencial	Washing machine (Padrão de Eficiência Energética 1)	3.6	3.8	3.4	3.1	3.1	3.42
45	Transporte	Increase in hybrid bus service - 40%	2.8	4.4	2.9	4.2	4.3	3.41
46	Residencial	Resfriamento passivo – evaporative cooling via porous roofs	3.0	3.9	2.3	4.8	4.8	3.39
47	Residencial	Resfriamento passivo – isolamento térmico	3.0	3.9	2.3	4.8	4.8	3.39
48	Residencial	Solar-assisted electric shower	2.8	4.0	2.8	4.3	4.3	3.38
49	Transporte	50% dos veículos convertidos ao GNV até 2030	3.1	4.2	2.9	3.9	4.3	3.37
50	Transporte	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos - hybrid voucher	2.5	3.9	3.0	4.3	4.3	3.34
51	Residencial	Painel Solar HIT PV	3.2	3.8	2.4	4.0	4.8	3.31
52	Residencial	Painel Solar a-Si PV	3.2	3.8	2.4	4.0	4.8	3.31
53	Transporte	Aumento no serviço de Ônibus movidos a GNV	3.1	4.0	2.5	4.1	4.4	3.27
54	Transporte	Conversão da atual frota de ônibus a veículos híbridos até 2030	2.8	3.8	2.9	3.9	4.2	3.25
55	Transporte	Conversão a atual frota de ônibus ao biodiesel até 2030	3.2	3.7	2.9	3.8	3.8	3.25
56	Público e comercial	Elevadores e escadas-rolantes (Padrão de Eficiência Energética 2)	3.2	4.3	2.4	3.5	3.6	3.23
57	Público e comercial	Elevadores e escadas-rolantes (Padrão de Eficiência Energética 1)	3.2	4.3	2.4	3.5	3.6	3.23
58	Transporte	Subsídios para retirada de circulação de veículos antigos – pagamento em espécie	2.4	3.8	3.0	3.8	3.7	3.20
59	Resíduos	Energy from Resíduos (combined heat and power)	3.3	3.8	2.3	4.0	4.2	3.19
60	Público and comercial	HIT solar PV panels	2.7	3.6	2.3	4.0	4.4	3.19
61	Residencial	Resfriamento passivo – alto albedo	2.8	3.5	2.1	4.8	4.8	3.16
62	Residencial	Resfriamento passivo - alto albedo e evaporação via telhados porosos	2.8	3.5	2.1	4.8	4.8	3.16
63	Público e Comercial	a-Si Painel Solar PV	2.8	3.5	2.4	3.7	4.2	3.14
64	Transporte	EU carbon emissions vehicle standards	2.7	3.6	2.4	3.9	4.0	2.96
65	Público e Comercial	Desligar luzes interiores diariamente por uma hora adicional	2.5	2.2	2.4	3.0	3.5	2.69
66	Resíduos	Incineração	2.6	2.5	3.0	2.4	2.2	2.63
67	Residencial	Desligar luzes diariamente por uma hora adicional	2.4	2.0	2.1	3.3	4.0	2.60

# The Climate Smart Cities Programme

[www.climatesmartcities.org](http://www.climatesmartcities.org)

The study has been conducted as part of the Climate Smart Cities programme that has been underway since 2009. The programme is led by Prof Andy Gouldson at the University of Leeds with support from the Centre for Low Carbon Futures and the ESRC Centre for Climate Change Economics and Policy.

The intellectual property rights for the methodology and approach applied in this report are retained by the University of Leeds. The University of Leeds does not accept any responsibility for the ways in which the report or the data are used.



## Acknowledgements

This individual study has been supported by the UK Foreign and Commonwealth Office through the British High Commission in Kuala Lumpur. It has also been supported by the Centre for Low Carbon Futures, the ESRC Centre for Climate Change Economics and Policy and the University of Leeds.

This individual study has been conducted and this report is authored by Andy Gouldson, Sarah Colenbrander and Effie Papagyropoulou.



# Climate Smart Cities

www.climatesmartcities.org



Kolkata, India



Lima-Callao, Peru



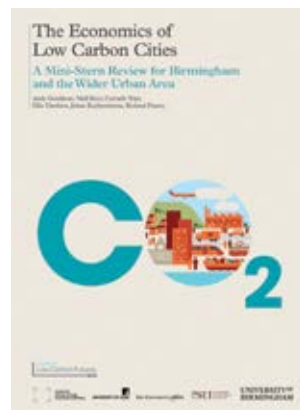
Palembang, Indonesia



Johor Bahru, Malaysia



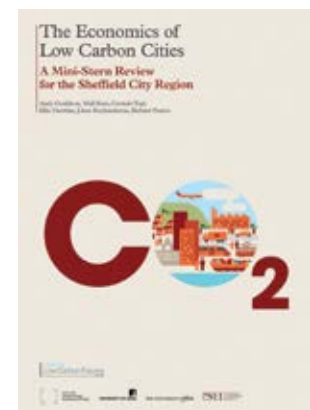
Leeds City Region



Birmingham and the Wider Urban Area



The Humber



Sheffield City Region

## Project Director:

Prof Andy Gouldson  
a.gouldson@leeds.ac.uk



UNIVERSITY OF LEEDS

## Project Manager:

Sarah Colenbrander  
s.colenbrander@leeds.ac.uk



UNIVERSITY OF LEEDS

## In-country lead:

Boyd Joeman  
boyd@irda.com.my

