

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

2017

Carolina Tieko Kaquimoto

As mudanças climáticas e seus efeitos sobre a infraestrutura brasileira de transporte: um panorama geral

O efeito estufa é um evento natural o qual ocorre na atmosfera terrestre por meio da presença de gases os quais bloqueiam parcialmente tanto a chegada de raios solares na Terra quanto a saída do calor emitido por esses raios. Tal efeito não é prejudicial em si para a vida no planeta, mas as atividades humanas nos últimos séculos, sobretudo desde a Revolução Industrial, têm afetado drasticamente a intensidade pela qual o evento ocorre através da emissão descontrolada de gases do efeito estufa.

O aumento de temperatura média da Terra é causado pela intensificação do efeito estufa e, sabe-se que desde o século passado, a temperatura média do planeta já cresceu 0,74°C (Eichhorst, 2009). É ainda previsto que a temperatura aumente de 1,1°C a 6,4°C até 2100, de acordo com o Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*, em inglês) de 2007. O aumento de temperatura média do planeta leva a mudanças climáticas que, de acordo com o Quinto Relatório do IPCC (2014b), são alterações no estado do clima, atribuídas diretamente ou não às atividades humanas, uma vez que estas modificam a atmosfera terrestre.

O consenso de que as mudanças climáticas não são intrínsecas aos ciclos climáticos da Terra é compartilhado com 90 a 100% da comunidade científica relacionada aos estudos do clima (Cook et al, 2006), trazendo a atenção de tomadores de decisões a cerca do assunto e levantando questionamentos não apenas sobre o funcionamento dos ecossistemas como também o futuro pelo qual os humanos passarão nas cidades.

Infraestrutura de transportes brasileira

No Brasil, a infraestrutura brasileira de transportes de cargas é representada 52% pela rodoviária, seguida de 30% pela ferroviária. A malha rodoviária brasileira é composta de

quase 2 milhões de quilômetros e grande parte dela é não pavimentada (79%), enquanto a ferroviária é totaliza 28 mil quilômetros de extensão (Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima - PNA, 2015).

Segundo o IPCC (2014b), o aumento de temperatura e de ondas de calor, a maior ocorrência de secas, de tempestades e de enchentes e o aumento do nível do mar são eventos previstos pelas mudanças climáticas e seus efeitos podem variar conforme a zona climática atingida.

O Brasil, por ser de clima tropical, está sujeito a passar por impactos como maior intensidade e ocorrência de chuvas, enchentes, tempestades e aumento do nível do mar. Os efeitos que esses eventos podem causar, de acordo com Eichhorst (2009), são:

- Maior intensidade e ocorrência de chuvas: danos sobre a iluminação, passagem de pedestres e veículos, paralisação ou atrasos das atividades aeroportuárias, aumento em custos de manutenção e reparos de vias e calçadas.
- Maior ocorrência de inundações: pode afetar a malha de todos os meios de transporte, causando um lapso. A alta umidade também pode prejudicar a integridade do asfalto, causando erosão e deslizamentos.
- Aumento do nível do mar: degradação do asfalto a partir do contato com a água salgada e risco de inundação, ambos em cidades costeiras. Também ocorreria o aumento médio de dias por ano de navegação por navios, uma vez que o mar avançaria sobre a costa e haveria danos aos atuais portos do país.

Vale pontuar que os eventos de mudanças climáticas previstos pelo IPCC diferem um pouco quanto aos eventos previstos descritos no PNA (2015). Neste, o entendimento de “transporte” é separado do de “mobilidade urbana”, sendo que o IPCC (2014b) ambos estão entendidos como um só. Não é previsto também o aumento de temperatura e a formação de ondas para a zona à qual se adequa o Brasil, segundo o mesmo relatório. As informações utilizadas pelo PNA não se restringiram apenas ao IPCC (2014b) e foram citados diversos outros artigos. Como o foco deste trabalho é sobre as previsões do IPCC, optei por não incluir as previsões citadas no Plano.

Consequências indiretas para os setores econômicos

Os efeitos das mudanças climáticas sobre a infraestrutura de transportes não se limitam apenas a este setor da organização da cidade, uma vez que os setores se interligam naturalmente. Assim, as possíveis consequências acima citadas geram efeitos cascatas sobre outros setores econômicos, como a agricultura, a indústria e os serviços.

Na agricultura, a intensificação no regime de chuvas pode causar perdas significativas na colheita, erosões e deslizamentos, consequências as quais seriam agravadas com a danificação da malha rodoviária, cuja uma das principais funções no Brasil é o transporte de produtos agrícolas.

No setor de energia, o aumento da temperatura levaria a maior necessidade de resfriamento térmico de máquinas e meios de transportes como o sistema metroviário. Por exemplo, em Londres já foram gastos US\$ 290 milhões de dólares para suprir uma crescente necessidade de resfriamento do sistema de transporte subterrâneo.

Semelhante ao setor de energia, a indústria também enfrentaria problemas relacionados à maior demanda de energia, uma vez que também é dependente do funcionamento de máquinas. Além disso, a indústria é altamente dependente do setor primário, o qual sofrerá os efeitos das mudanças climáticas como descrito acima. Como haveriam maiores custos de produção, o preço dos produtos ficariam mais caros aos consumidores.

O setor terciário, de serviços, também é altamente ligado ao primário e ao secundário. Em termos gerais, é previsto que produtos e serviços se tornem mais caros uma vez que o custo de produção e transporte ficariam mais elevados. Isso se deve ao fato que seriam necessários mais reparos e manutenções de vias e ocorreriam mais períodos de paralisações e atrasos resultantes de enchentes e tempestades.

Medidas de adaptação às mudanças do clima no Brasil

Uma vez reconhecidos os problemas pelos quais o país pode passar, recai sobre tomadores de decisões como governantes e empresários a necessidade de pensar e agir a favor da mitigação dos danos e adaptação da infraestrutura de transportes brasileira.

Neste caso, o Brasil é um dos países mais interessados na questão das mudanças climáticas. Na Confederação do Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC, em inglês), o país teve importância na criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e, na COP-15, se comprometeu a reduzir até 2020 a emissão

de gases do efeito estufa de 36,1 a 38,9% (Brasil, 2009) de modo voluntário, já que o país não estava incluso na lista dos países prioritários para a redução.

Desde 2009, com a sanção da Lei nacional 12.187, o Brasil adotou a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) (Brasil, 2009), embora desde 2007 o país já estava se organizando para tal, com a criação do chamado Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM) (Obermaier & Rosa, 2013). O documento foi importante para a institucionalização de metas de mitigação, embora tenha-se observado um foco em medidas para ganhos de eficiência e redução do desmatamento (Obermaier & Rosa, 2013).

Com a PNMC, surgiu o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima do Governo Federal, denominado PNA, o qual, no âmbito do setor de infraestrutura, tem como estratégia a avaliação da vulnerabilidade e o impacto das mudanças climáticas sobre os diversos setores da infraestrutura de transportes. As contribuições do PNA podem ser:

- incentivos à pesquisa vulnerabilidade de vias frente às mudanças climáticas
- reforço no interesse em estratégias de mitigação e adaptação coatuantes
- maior disseminação de informações sobre os efeitos das mudanças climáticas sobre os transportes
- consideração das mudanças climáticas nos futuros planos, programas e projetos envolvendo o setor

Já segundo o Resumo Executivo do Projeto Brasil-2040 (2015), as medidas de adaptação a serem adotadas estão, termos gerais, relacionadas à substituição dos materiais utilizados atualmente por materiais que sejam mais resistentes e duráveis contra cada tipo de estressor físico, como o aquecimento e o excesso de umidade. Também é sugerido que projetos futuros sejam adaptados aos eventos previstos pelas mudanças climáticas. As medidas foram pensadas em relação às vias rodoviárias e também foram inclusas previsões sobre o aumento da temperatura (Figura 1). Como já comentado, o aumento de temperatura para o Brasil não está incluso no IPCC (2014b). Além disso, as medidas sugeridas são vagas e têm como consequência custos os quais não foram explícitos no resumo.

Impacto	Estratégia		
	Planejamento	Projeto	Operação
Estressor Climático: Temperatura			
Afundamento do pavimento (pavementrutting)	Instituir regulamentação de restrição de carga nas rodovias.	Usar materiais e ligantes (<i>binders</i>) mais tolerantes a altas temperaturas. Projetar construções apropriadas, com a sobreposição de tipos de asfalto mais resistentes e robustos.	Corrigir os sulcos/afundamentos no pavimento (<i>mill out ruts</i>). Realizar inspeções e manutenção com maior frequência. Monitorar a condição do solo das estradas existentes. Aumentar a limpeza e a manutenção das estradas e seus arredores. Realizar plantio de vegetação ao longo das vias para diminuir a exposição das rodovias ao calor.
Trincamento (por fadiga; em bloco; transversal e longitudinal)		Substituir o concreto por asfalto de alta resistência quando houver necessidade (trincamentos/rupturas/ <i>blows out</i>).	Realizar inspeções e manutenção com maior frequência. Monitorar a condição do solo das estradas existentes. Aumentar a limpeza e a manutenção das estradas e seus arredores. Realizar plantio de vegetação ao longo das vias para diminuir a exposição das rodovias ao calor.
Exsudação (tráfego + temperatura)	Instituir regulamentação de restrição de carga nas rodovias.		Encorajar o transporte de cargas pesadas a viajar no período noturno quando a temperatura ambiente é menor, afetando menos o asfalto.

Figura 1. Estratégias a serem adotadas para o estressor climático temperatura sobre a infraestrutura brasileira de transportes. Fonte: Resumo Executivo Brasil-2040 (2015).

Conclusão

As atividades antrópicas como a indústria e o transporte contribuem para a intensificação do efeito estufa para a ocorrência das mudanças no clima. Os efeitos previstos podem variar de intensidade conforme o cenário proposto pelo Quinto Reletório do IPCC mas são inevitáveis e tendem a se acentuar ao decorrer do século. Um dos setores da sociedade que irá ser afetado é o de transportes, o qual foi abordado de diversos modos nos trabalhos analisados, como apenas malha rodoviária ou até mesmo como fazendo parte da mobilidade urbana do país. Os eventos esperados também variaram sutilmente conforme os trabalhos analisados, mas, em vias gerais, são previstos o aumento no nível do mar, a maior ocorrência de enchentes e intensificação e maior ocorrência de chuvas. Os efeitos sobre a infraestrutura de transportes incluem o desgaste das vias ferroviárias e rodoviárias com consequente necessidade de mais reparos e substituições das estruturas.

Considerando os danos e as previsões, o Brasil tem sido um dos países mais preocupados com a questão de mitigação e adaptação da infraestrutura face às mudanças no clima e tal postura é evidente em convenções internacionais do clima e também com os diversos planos e políticas adotadas desde o começo deste século. É importante que seja dado

prosseguimento das medidas citadas nos planos e que os próximas estratégias sejam menos simplistas.

Bibliografia

Brasil, 2008. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC**. Brasil.

Brasília, Decreto n.6.263 de 21 de novembro de 2007, 2008.

_____, 2009. **Lei n.12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Diário Oficial da União, Brasília, Seção 1, Edição Extra, p.109-10, 2009. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm>

Cook, J.; Naomi, O.; Doran, P.; Anderegg, W.; Verheggen, B.; et al., 2016. **Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming**, *Environmental Research Letters* Vol. 11 No. 4, (13 April 2016) Disponível em <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/4/048002>>

Eichhorst, U., 2009. **Adapting urban transport to climate change**. In: Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. [(Org.) GTZ Sourcebook]. Disponível em <http://transport-namas.org/wp-content/uploads/2014/05/GIZ-Module-5f_Adapting-Urban-Transport-to-Climate-Change.pdf>

Governo Federal, Presidência da República: Secretaria de Assuntos Estratégicos.

Infraestrutura de Transportes. Em: Brasil 2040: Resumo Executivo. Brasília, 2015. p. 36-41.

IPCC, 2014b. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)].

Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
p. 1757-1776.

IPCC, 2007: **Climate Change 2007: Mitigation**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., XXX pp.

Obermaier, M. and Rosa, L. Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. *Estud. av.* [online]. 2013, vol.27, n.78 [cited 2017-04-30], pp.155-176. Available from: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000200011&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0103-4014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000200011>.

