ZEE DF

Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal

UM DF MELHOR
PARA TODOS

CADERNO TÉCNICO

PRÉ-ZONEAMENTO

Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal

PRÉ-ZONEAMENTO

www.zee.df.gov.br

GOVERNO DE BRASÍLIA

Governador

Rodrigo Rollemberg

Vice-Governador

Renato Santana

COORDENAÇÃO GERAL POLÍTICA DO ZEE-DF

Casa Civil do Distrito Federal

Sérgio Sampaio

Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Gestão – SEPLAG

Leany Lemos

Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA

André Lima

Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação – SEGETH

Thiago de Andrade

Secretaria de Estado de Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural – SEAGRI

José Guilherme Leal

Secretaria de Estado de Economia e Desenvolvimento Sustentável – SEDES

Valdir Oliveira

Secretaria de Estado de Mobilidade – SEMOB

Fábio Damasceno

Secretaria Adjunta de Ciência, Tecnologia e Inovação – SECTI

Tiago Coelho

COORDENAÇÃO GERAL TÉCNICA DO ZEE-DF

Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA

Maria Sílvia Rossi

Ludmyla Macedo de Castro e Moura

Rogério Alves Barbosa da Silva

Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação – SEGETH

Carlos Roberto Machado Vieira

Heloísa Pereira Lima Azevedo

Secretaria de Estado de Agricultura, Abastecimento e Desenvolvimento Rural – SEAGRI

Marcos de Lara Maia

José Lins de Albuquerque Filho

Secretaria de Estado de Economia e Desenvolvimento Sustentável – SEDES

Rogério Galvão de Carvalho

Rodrigo Vilela de Avelar Resende

SECRETARIA EXECUTIVA DO ZEE-DF

Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA

Vanessa Cortines Barrocas

Jéssica de Melo Rodrigues

Maria Leides Lina Neiva Meireles

BRASÍLIA, 2017

Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal
PRÉ-ZONEAMENTO
www.zee.df.gov.br

IMPACTOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA SAÚDE HUMANA NO DF

ÍNDICE

1. **A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E A QUALIDADE DE VIDA NO DF**
2. **A REDE DE MONITORAMENTO DE POLUIÇÃO NO BRASIL E NO DF**
3. **A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS MOTORIZADOS NO DF**
4. **ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS NO DISTRITO FEDERAL E SUA RELAÇÃO COM A EMISSÃO DOS VEÍCULOS AUTOMOTORES**
5. **ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA MENSURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO HUMANA ÀS FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: OS EIXOS DE MOBILIDADE E TRANSPORTE CONTRIBUEM SIGNIFICATIVAMENTE PARA A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS NO DF**
6. **PROPOSTA PARA UMA REDE DE MONITORAMENTO DA POLUIÇÃO DO AR NO DF**
7. **AS ÁREAS VERDES PROTEGEM A POPULAÇÃO – EXISTE CORRELAÇÃO NEGATIVA ENTRE PROXIMIDADE DE ÁREA VERDE E OCORRÊNCIA DE DOENÇA CARDIORRESPIRATÓRIA NO DF**
8. **RISCO À SAÚDE HUMANA COM BASE NAS VARIÁVEIS ESTUDADAS**
9. **A CONTRIBUIÇÃO DOS PADRÕES URBANOS E DE EDIFICAÇÃO DO DF PARA A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS**
10. **OS PADRÕES URBANOS – AS UST**
11. **RECOMENDAÇÕES AO ZONEAMENTO FINAL DO ZEE-DF**
12. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

IMPACTOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA SAÚDE HUMANA NO DF

O presente capitulo compõe as Questões Estruturantes, para modelagem do Pré-Zoneamento do DF. O estudo apresenta um conjunto de informações sobre os impactos negativos do atual padrão de modais de transporte e tipologia de urbanização, e o efeito positivo de áreas verdes, reduzindo o risco estatístico de internações hospitalares por problemas de respiratórios devidos à poluição atmosférica. Neste sentido, esboçam-se recomendações ao ZEE/DF no tocante (i) ao monitoramento do ar; (ii) a qualificação da malha intraurbana por meio da implantação e manutenção de sistemas de áreas verdes intraurbanos; (iii) a providências nas áreas de maior risco à saúde humana

13. A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E A QUALIDADE DE VIDA NO DF

A poluição do ar resulta em importante risco à saúde pública, particularmente em grandes e adensadas áreas urbanas. Informações sobre a distribuição espacial de poluentes do ar pode constitui-se em ferramenta para o desenvolvimento de políticas públicas para redução e controle das fontes de emissão. Essas políticas públicas estão relacionadas diretamente para os benefícios à qualidade de vida da população, consoante aos objetivos do ZEE-DF.

Nesse sentido, foram empreendidos estudos para definir métricas para mensuração das fontes de poluição do ar causadoras de doenças humanas e aferir a distribuição espacial da exposição humana. Estes trabalhos constituem parte da tese de doutoramento de Weeberb Réquia desenvolvidas em parceria do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (orientado pelo Dr. Henrique Roig) e da Escola de Saúde Pública da Universidade de Harvard (Dr. Petros Koutrakis), defendida na UnB em 06/11/2015. Parte dos resultados consta do sítio eletrônico da Universidade de Harvard (http://worldmap.harvard.edu/maps/distritofederal). Observe-se que a incorporação desses estudos com foco ao Zoneamento Ecológico Econômico do DF, havendo, portanto, neste documento, análises realizadas pela Comissão Distrital do ZEE-DF.

As bases de dados desenvolvidas pelo Dr. Réquia foram disponibilizadas ao Governo do DF e integradas à base do Zoneamento Ecológico Econômico do DF.

2. A REDE DE MONITORAMENTO DE POLUIÇÃO NO BRASIL E NO DF

Entende-se como monitoramento da poluição do ar o processo de amostragem da concentração de poluente presente na atmosfera. Essa amostragem é feita por meio de estações fixa ou móveis, do sensoriamento remoto (satélites), do biomonitoramento e pelos equipamentos portáteis. As estações constituem como um dos principais métodos.

No Brasil, o monitoramento da qualidade do ar ainda é precário. Considerando o monitoramento pelas estações fixas e móveis, entre os 5.570 municípios, apenas 1,7% são monitorados. Enquanto o Brasil possui 252 estações, isto é 0,03 estações / 1.000 Km^2 ou 1,3 estações para cada milhão de habitantes, os países desenvolvidos possuem de 7 a 20 vezes mais estações de monitoramento. (ALVES et al., 2014). A Tabela 01 apresenta a comparação do número de estações entre o Brasil, Estados Unidos, Japão e Alemanha.

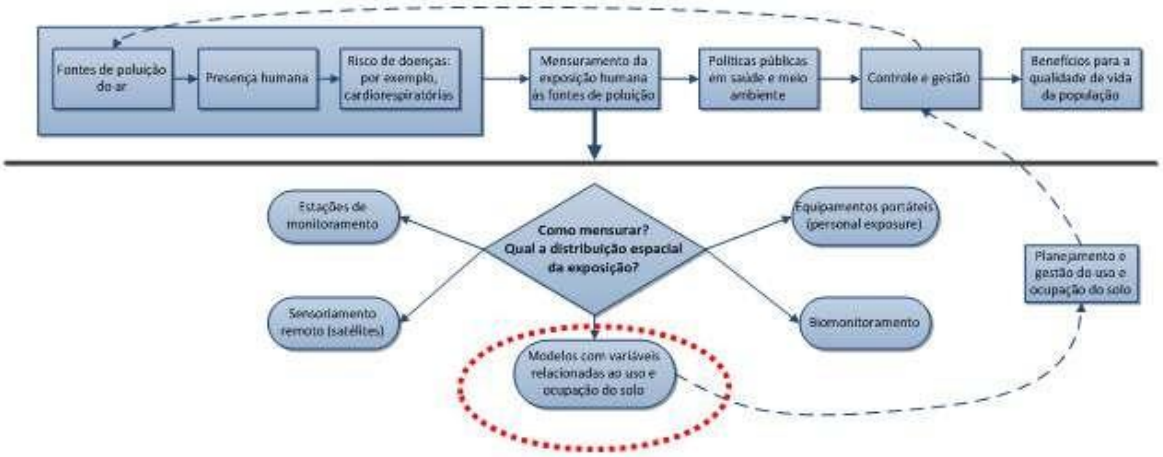
Tabela 1 – Comparação do número de estações entre o Brasil, Estados Unidos, Japão e Alemanha

País	Número de Estações	Estações/ 1.000 Km^2	Estações/ milhão de habitantes
Brasil	252	**0.03**	**1.3**
EUA	5,000	**0.5**	**16**
Japão	1,900	**4.9**	**15**
Alemanha	1,800	**5.1**	**23**

Fonte: Alves et al, 2014

A ausência de uma estação de monitoramento geralmente está associada ao custo econômico de implantação e aos recursos humanos necessários para a operação diária. Nesse sentido, métodos alternativos têm sido desenvolvidos para suprir a deficiência dessas áreas não monitoradas. O monitoramento por satélite, o biomonitoramento e os equipamentos portáteis são considerados como os métodos alternativos. Órgãos ambientais brasileiros e sobretudo, órgãos internacionais, têm destacado mais um método alternativo, os modelos com variáveis relacionadas ao uso e ocupação do solo. Esses modelos, por sua vez, auxiliam diretamente na qualificação do planejamento e gestão do uso e ocupação do solo, a partir do controle e gestão das fontes de poluição do ar. Consequentemente, o controle e gestão das fontes de emissões irão criar benefícios para qualidade de vida da população.

A Figura 1 apresenta o fluxo dessa relação entre a poluição do ar, o monitoramento e o bem-estar humano.



Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 1 – Relação entre a poluição do ar, o monitoramento e o bem-estar humano

Assim, as pesquisas evoluíram para a definição da variável "uso do solo", sob três aspectos: (i) o uso diretamente relacionado ao tráfego de veículos; (ii) usos relacionados ao tipo de ocupação, quais sejam, área residencial, comercial, industrial, institucional, entre outros; (iii) e os usos relacionados às tipologias de estruturas urbanas (UST – *Urban Structure Types*).

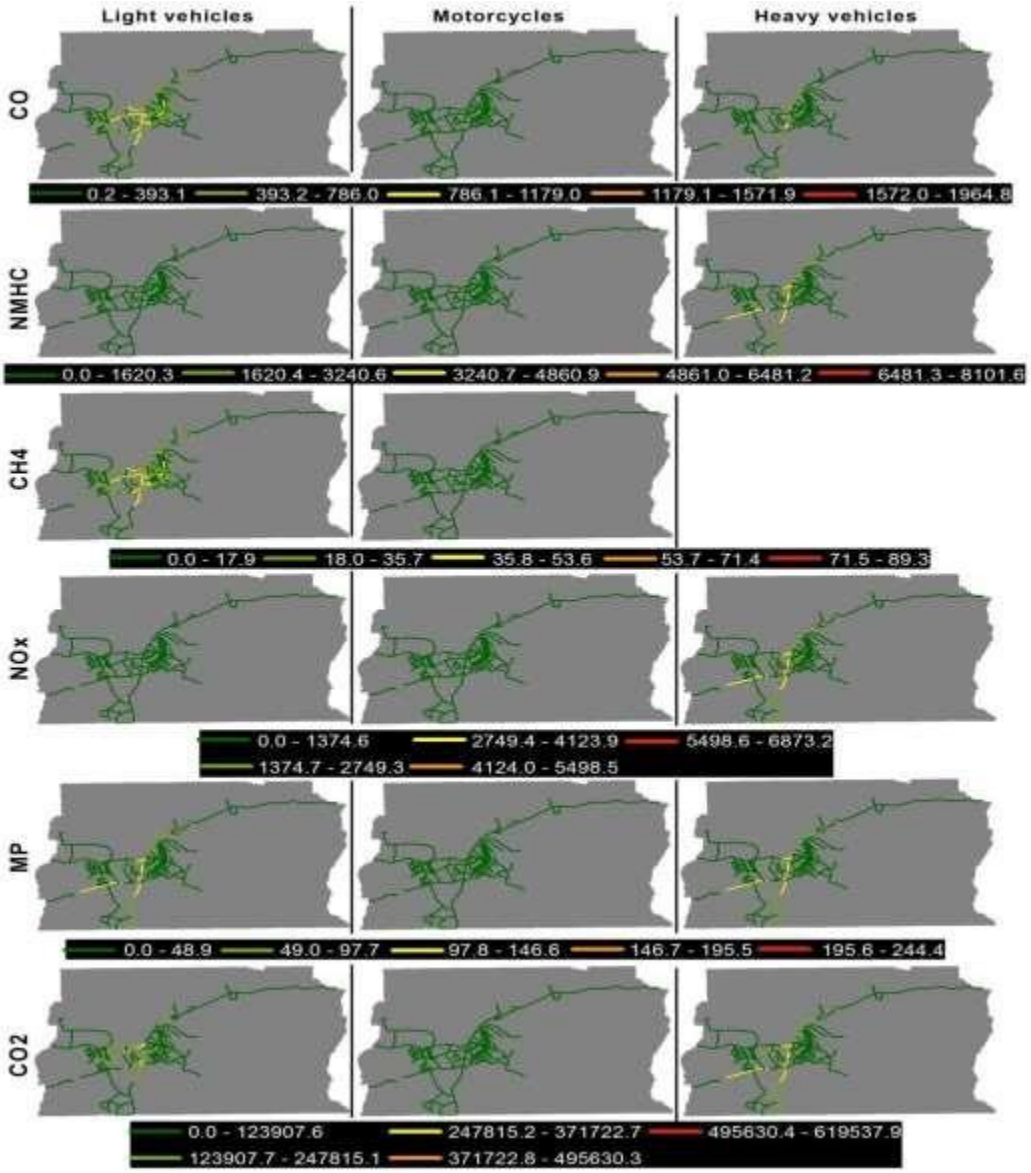
3. A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS MOTORIZADOS NO DF

O estudo das emissões veiculares nos principais eixos de mobilidade e transporte do DF foi feito por meio do método "*bottom-up*". A metodologia de trabalho envolveu os seguintes passos:

- Construção da base de dados de tráfico de veículos nos eixos de mobilidade e transporte do DF, a partir das fontes do Departamento de Estradas e Rodagens (DER), Departamento de Transito do DF (DETRAN) e do Plano Diretor de Transporte Urbano (PDTU);
- Consolidação dos dados de contagem veicular na base geográfica da malha viária do DF:
- Cálculo do inventário de emissões (método "*bottom-up*") considerando a contagem veicular de cada segmento de via.
- Representação e análise espacial dos resultados do inventário de emissões.

A frota estudada foi classificada em veículos pesados, leves e motocicletas e aferida quanto a contribuição dos poluentes estudados. Os resultados mostram que, no Distrito Federal, as contribuições dos veículos leves e pesados são muito expressivas para diferentes fases. Enquanto os veículos leves são responsáveis por grande parte das emissões de CO (68,9%, CH_4 (93,6%) e CO_2 (57,9%), os veículos pesados contribuem majoritariamente para emissão de NMHC (92,9%), NO_X (90,7%) e PM (97,4%).

Com a espacialização dos resultados referentes às taxas de emissões conforme o tipo de veículo (Figura 2), nota-se que os veículos leves e os pesados são os que apresentaram as maiores taxas distribuídas entre as 233 vias estudadas.

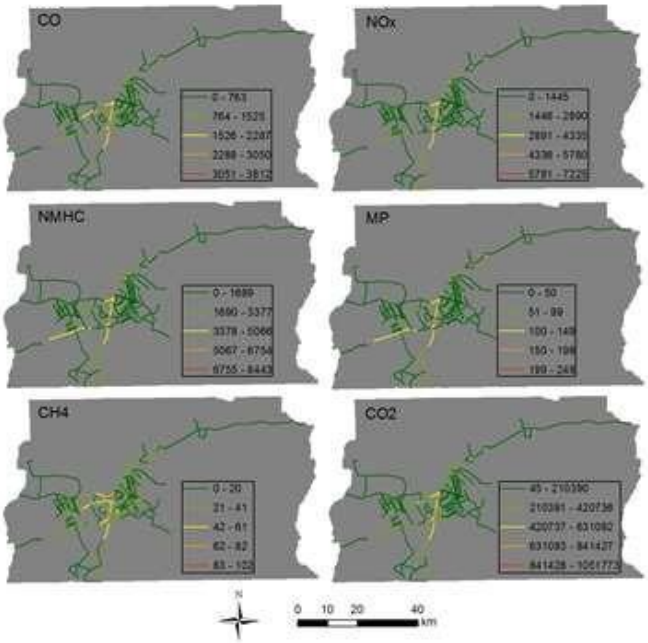


Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 2 – Mapas da variação espacial da emissão de poluentes entre as vias estudadas do Distrito Federal (toneladas/ano)

Observa-se, na Figura 03 que as motocicletas não apresentam contribuição expressiva à poluição do ar, ao contrário dos veículos motorizados leves e pesados. Para esses, observa-se uma expressiva presença de poluentes na EPIA (DF-003) entre os trechos eixo monumental ao entroncamento da DF-065 ao final da Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo, em ambos os modos motorizados e para todos os seis tipos de poluentes. O mesmo acontece na via DF-095, no trecho localizado entre a EPIA e a entrada para o Guará.

Outros trechos estão relacionados a tipos de poluentes. A via DF-085 que liga Guará (porção norte) a Águas Claras está relacionada a expressiva quantidade de CO, CH_4 e pequeno trecho de CO_2. A via BR-060 ao sul de Samambaia está relacionada à emissão de NMHC e MP.

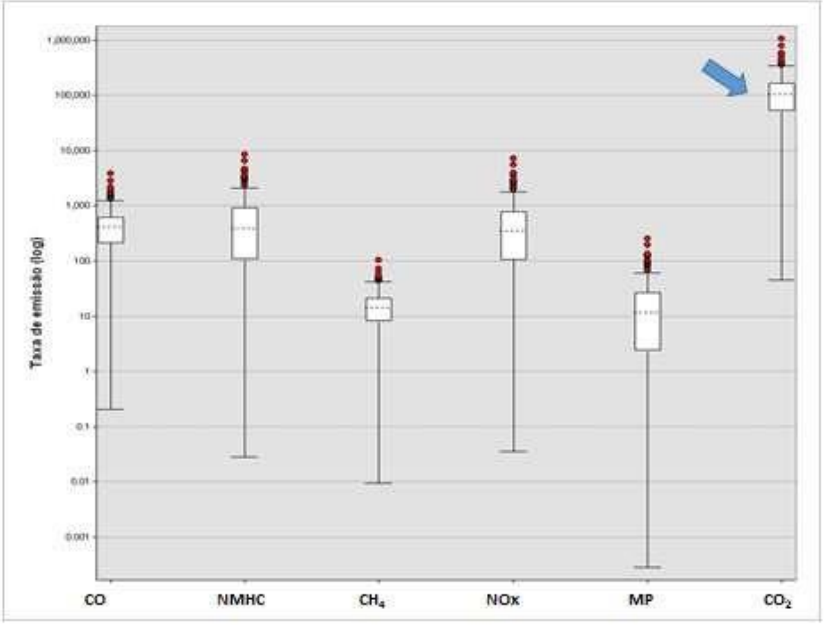
Quanto à espacialização do total de poluentes lançados (a soma das emissões dos veículos leves, pesados e motocicletas), observa-se que os mapas sobre às emissões dos poluentes apresentam similaridade quanto a variação espacial da emissão. As maiores taxas de poluentes emitidos se concentraram nas vias que circulam a maior parte dos veículos nos horários de pico e nas vias que possuem o maior tráfego de veículos pesados no DF.



Fonte: Réquia Jr e cols, 2015
Figura 3 – Variação espacial da emissão total de poluentes no Distrito Federal (tonelada/ano)

O CO_2 foi o poluente que teve a maior carga de lançamento, ultrapassando a marca de 30 milhões de toneladas. Em média, são emitidas em torno de 130 mil toneladas de CO_2 entre as 233 vias estudadas.

Já o CH_4 teve a menor carga de emissão, foi em torno de 4 mil toneladas. Todos os poluentes apresentaram valores atípicos superiores (*outiliers*), certamente devido ao comportamento heterogêneo da quantidade de veículos circulantes nas vias (Figura 04).



Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 04 – Taxas de emissão total de poluentes veiculares no Distrito Federal (tonelada/ano)

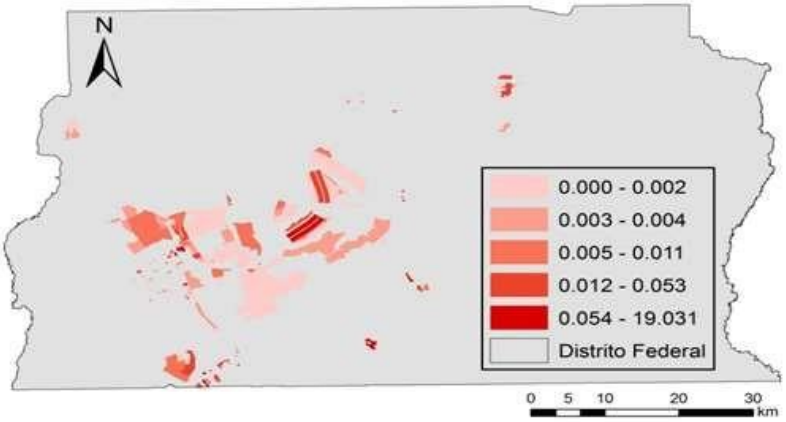
4. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS NO DISTRITO FEDERAL E SUA RELAÇÃO COM A EMISSÃO DOS VEÍCULOS AUTOMOTORES

Para a avaliação espacial entre a poluição do ar e a saúde humana no DF foram necessários os seguintes passos:

- Constituição de uma base de dados do Ministério da Saúde sobre a ocorrência de internações por doenças cardiorrespiratórias no DF, entre 2009 e 2013;
- Espacialização da ocorrência de doenças com base no sistema de endereçamento do DF;
- Normalização dos dados de saúde com a população residente, conforme setor censitário do IBGE;

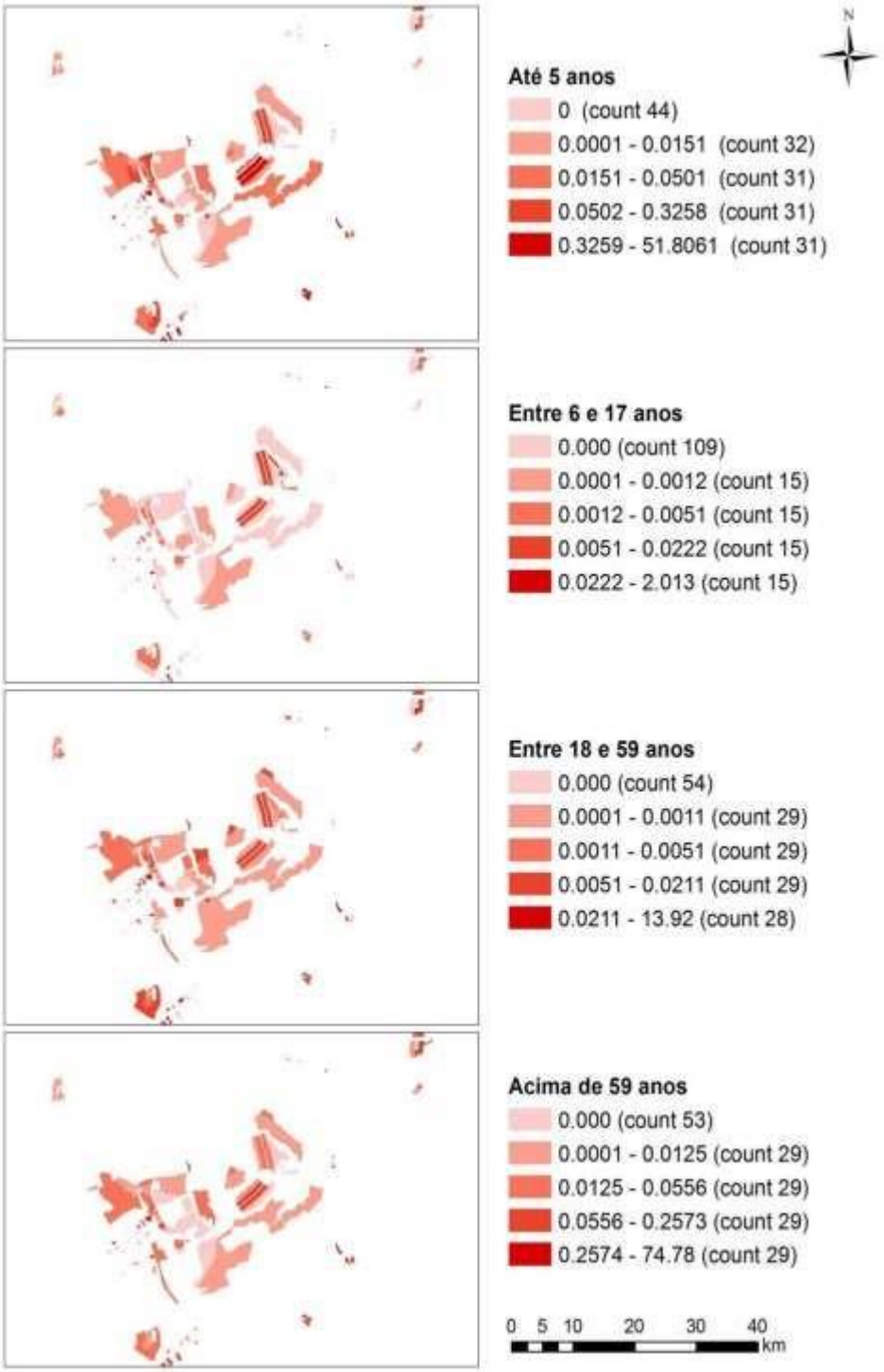
- Integração dos resultados das emissões veiculares à base de dados do Ministério da Saúde;
- Analisar a relação entre poluição veicular e impactos à saúde humana.

As maiores ocorrências de internação humana por doenças cardiorrespiratórias acontecem no Plano Piloto. O Guará, Taguatinga, Ceilândia e Gama apresentam valores importantes de ocorrência de internações (Figura 5).



Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 5 – Distribuição espacial do número de pacientes internados por doenças cardiorrespiratórias no DF

A Figura 06 apresenta a distribuição espacial do número de pacientes conforme o grupo etário. Dentre os grupos apresentados, é possível perceber que os pacientes com idade entre 6 e 17 anos foram os menos afetados. Em 109 grupos de endereços (64%) não apresentaram casos de pessoas entre 6 e 17 anos. Por outro lado, o grupo dos pacientes com até 5 anos foram os mais afetados por doenças relacionadas ao sistema cardiorrespiratório. É possível perceber também que a distribuição espacial do grupo dos pacientes mais novos - até 5 anos é semelhante à distribuição em todas as idades. Essa constatação reforça a ideia de que o grupo etário de até 5 anos são os mais vulneráveis a ter doenças cardiorrespiratórias.



Fonte: Réquia Júnior, 2015

Figura 6 – Distribuição espacial do número de pacientes internados por doenças cardiorrespiratórias no DF, segundo a faixa etária

Quanto à avaliação entre emissões veiculares e ocorrência de doenças cardiorrespiratórias, os resultados mostraram o grupo etário dos pacientes de até 5 anos e dos pacientes com mais de 59 anos foram os únicos que apresentaram significância na análise de correlação. Sendo que o grupo dos pacientes de até 5 anos apresentou significância somente para o poluente CO_2 e o CH_4. Além disso,

encontrou-se significância na correlação quando a análise foi para todas as idades. Os valores significantes de *r* (coeficiente de Pearson) variaram entre 0,2 e 0,3 (Tabela 02).

Matriz de correlação entre saúde e poluentes inventariados
(valores do coeficiente de Pearson)

Poluentes	Até 5 anos	Entre 6 e 17 anos	Entre 18 e 59 anos	Acima de 59 anos	Todas as idades
NO_x	0,14	0,07	0,12	0,25*	0,21*
NMHC	0,16	0,09	0,14	0,27*	0,22*
PTS	0,16	0,06	0,15	0,27*	0,22*
CO_2	0,23*	0,09	0,13	0,29*	0,27*
CO	0,16	0,08	0,08	0,26*	0,25*
CH_4	0,23*	0,12	0,12	0.31*	0,29*

* correlação significante ($p \leq 0,01$).

Fonte: Réquia Júnior, 2015
Tabela 2 – Matriz de correlação entre saúde e poluentes inventariados (valores de coeficientes de Pearson)

Além da análise de correlação, foi realizada uma análise de regressão espacial. Os resultados mostraram que em todos os casos os valores dos coeficientes foram positivos, confirmando uma relação positiva entre o aumento da quantidade de poluente e o aumento de pacientes. Somente para o grupo etário de pacientes entre 6 e 17 anos não encontrou significância do coeficiente β.

O principal desafio deste trabalho foi a organização e a consolidação da base de dados de saúde. Esse desafio esteve relacionado especificamente com a precisão da informação sobre o endereço do paciente. A burocracia e o sistema de endereçamento brasileiro são os principais fatores ligados a essa precisão.

De maneira geral, fica claro que a burocracia brasileira dificulta o acesso a certos tipos de dados, que deveriam ser disponibilizados de forma mais acessível e transparente para realização de estudos estatísticos sobre a cidade. Neste estudo, por exemplo, os dados de saúde fornecidos não são precisos quanto à localização exata do endereço de cada paciente. Mesmo informando ao Ministério da Saúde que os dados seriam utilizados exclusivamente para pesquisa científica, o Ministério alegou que não poderia disponibilizar o número da residência dos pacientes, pois comprometeria a privacidade de cada paciente. Caso fosse disponibilizado o endereço completo, provavelmente iria diminuir o número

de perda das observações deste estudo, que foi de 3.835 pacientes. Além disso, a consolidação dos dados no BDGeo seria mais eficiente, em termos de acurácia e precisão espacial. O estabelecimento de acordos de compromisso em relação ao sigilo para resguardar os pacientes poderia superar este tipo de dificuldade.

Ademais, em relação ao sistema de endereçamento brasileiro, não há padronização. Cada cidade brasileira possui um padrão distinto. No DF, por exemplo, a ordem hierárquica entre lotes, quadras, conjuntos e setores nem sempre é obedecida em toda Região Administrativa. Em muitas Regiões Administrativas, não há conjuntos. Esse foi outro motivo que gerou descarte e perda de observações nas operações de criação do BDGeo.

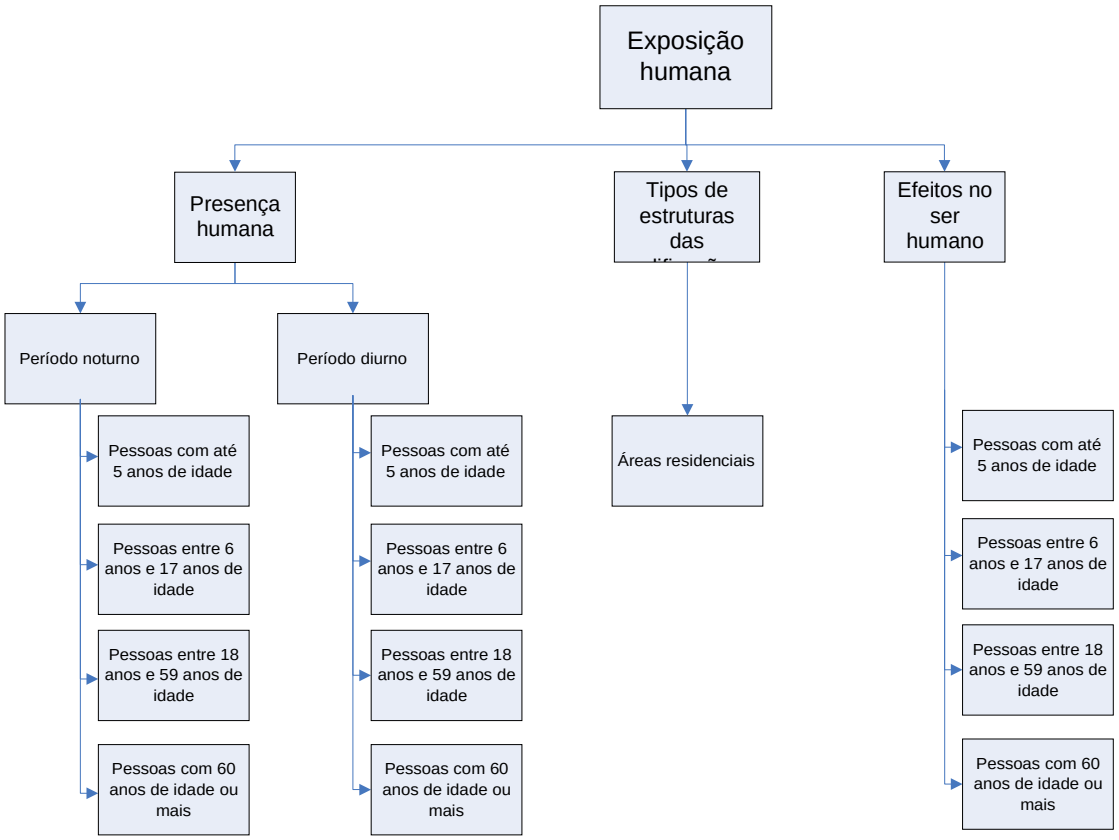
Visto que não é viável a mudança do sistema de endereçamento brasileiro, ou a mudança dos endereços de áreas urbanas consolidadas, como as do DF, sugere-se a adoção do CEP como o principal classificador de endereço para criação de um BDGeo, nos próximos estudos empreendidos. Essa prática já é adotada em diversos países à exemplo dos EUA.

5. ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA MENSURAÇÃO DA EXPOSIÇÃO HUMANA ÀS FONTES DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: OS EIXOS DE MOBILIDADE E TRANSPORTE CONTRIBUEM SIGNIFICATIVAMENTE PARA A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS NO DF

Os trabalhos foram empreendidos em cinco etapas:

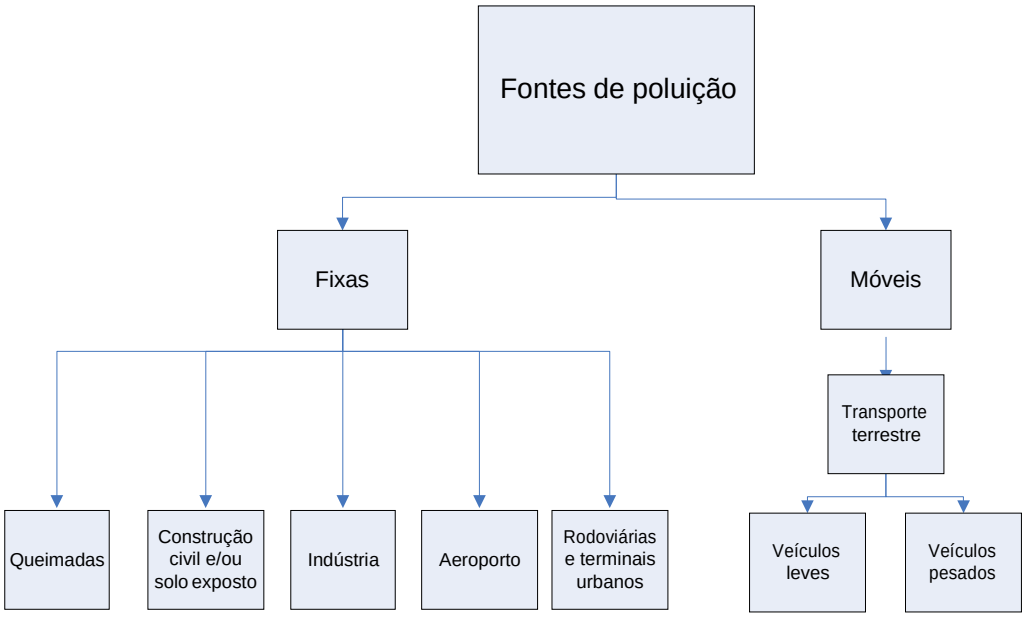
- Desenvolvimento do modelo conceitual
- Organização dos dados e da base geográfica
- Montagem da metodologia de analise hierárquica por meio do método AHP (*analytic hierarchy process*) e preparação do sistema de informação geográfica (SIG)
- Desenvolvimento do modelo GIS e AHP
- Definição dos níveis de prioridade para monitoramento de poluição

Tendo como meta desta análise a identificação das áreas prioritárias para a amostragem da poluição atmosférica, o modelo conceituado estruturado se iniciou com três critérios primários: exposição humana, fontes de poluição e característica do ambiente. As Figuras 06 e 07 apresentam os subcritérios de critérios primários.



Fonte: Réquia Júnior, 2015

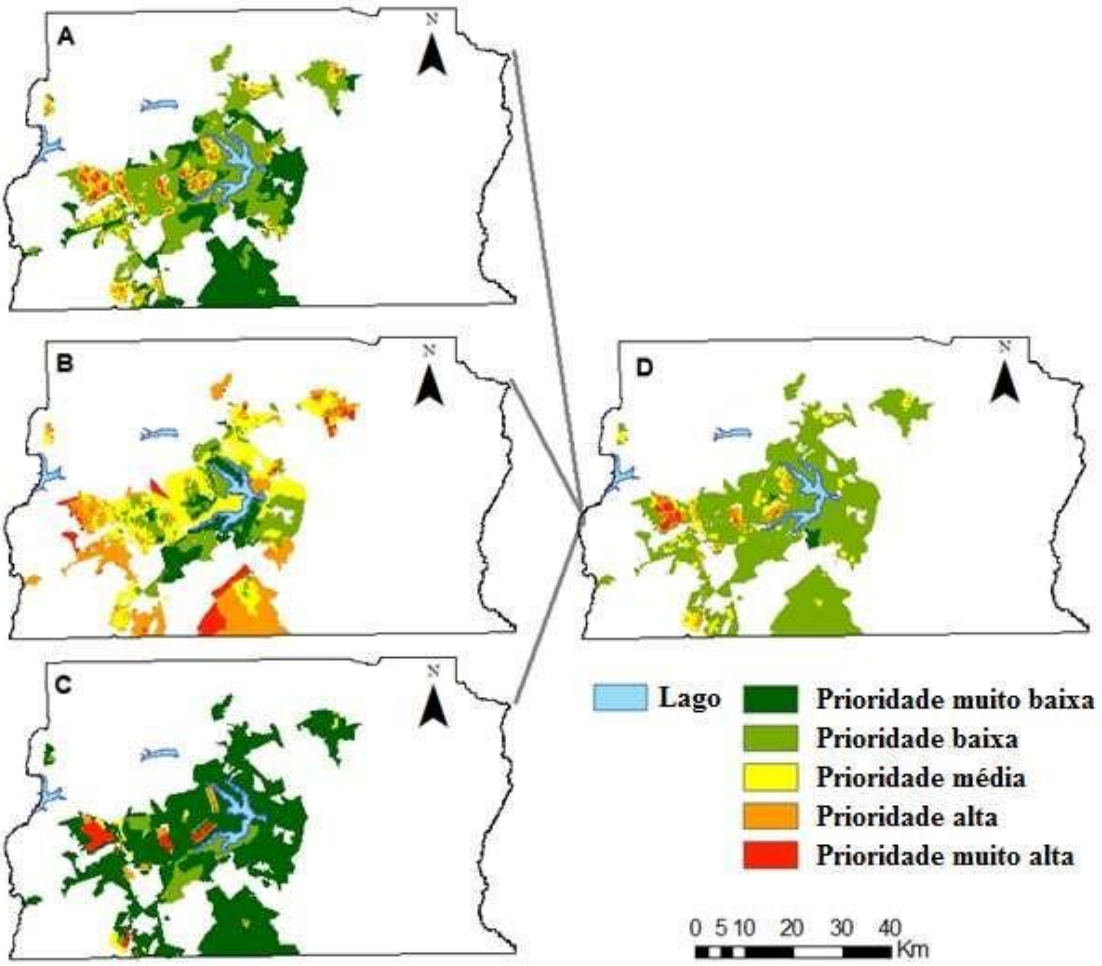
Figura 06 – Subcritérios da exposição humana à poluição veicular.



Fonte: Réquia Júnior, 2015

Figura 7 – Subcritérios das fontes de poluição atmosférica

Os mapas da distribuição espacial dos níveis de prioridades para o monitoramento da exposição humana foram elaborados para cada critério e subcritério conforme os pesos (W) estabelecidos pelo método AHP, e de forma que obedecesse a rede hierárquica criada. Por exemplo, a figura abaixo apresenta a sequência operacional que gerou o mapa para o critério de exposição humana. O mapa que representa o subcritério presença humana (Figura 08 - A), o mapa que representa o subcritério tipos de estruturas das edificações (Figura 8 - B) e o mapa que representa o subcritério efeitos no ser humano (Figura 08 - C) foram processados pela operação de álgebra de mapas com os respectivos pesos de W=0,455; W=0,076 e W=0,468 para gerar o mapa do critério exposição humana (Figura 08 - D). Essa mesma lógica foi adotada para os demais mapas.



Fonte: Réquia Júnior, 2015

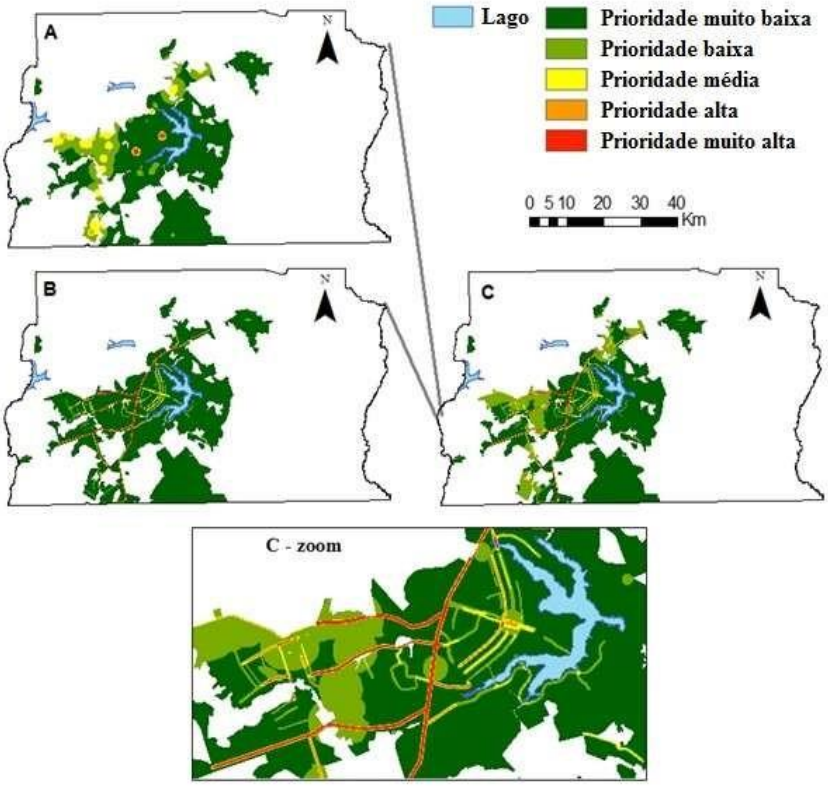
Figura 8 – Mapas de áreas prioritárias para o monitoramento, segundo os critérios de exposição humana

OBS: **A** - presença humana; **B** - tipos de estruturas das edificações; **C** - efeitos no ser humano; **D** - exposição humana

No mapa (A), que analisa a presença humana nos períodos noturno e diurno (diferenças foram encontradas entre os turnos). Observa-se no mapa (A) – Figura 08, diversos pontos críticos em ambas asas do Plano Piloto (com destaque para a Asa Sul), além do Cruzeiro-Octogonal, Guará, Taguatinga, Ceilândia, Gama, Planaltina, além de pontos em Sobradinho, Núcleo Bandeirante, Samambaia, Santa Maria, Paranoá e São Sebastião.

A expressiva ocorrência de poluição relativa à presença humana em Ceilândia, Taguatinga, Guará Cruzeiro/Octogonal e Plano Piloto está relacionada a densidades populacionais nestas áreas, conforme tabela abaixo.

Quanto às fontes de poluição (Figura 09), as fontes móveis (Figura 09 - B), sobretudo os veículos pesados, foram os que tiveram maior influência no modelo. As áreas apresentadas como prioridade muito alta na Figura 09 - C são justamente as vias de tráfego no DF com o maior número de veículos. Ainda se destaca que em relação às fontes fixas (Figura 09 - A), as áreas identificadas como prioridade muito alta são os pontos das duas principais rodoviárias do DF, uma interestadual e a outra de ônibus urbano.



Fonte: Réquia Júnior, 2015

Figura 9 – Mapas de áreas prioritárias para monitoramento no Distrito Federal, segundo os critérios de fontes de poluição

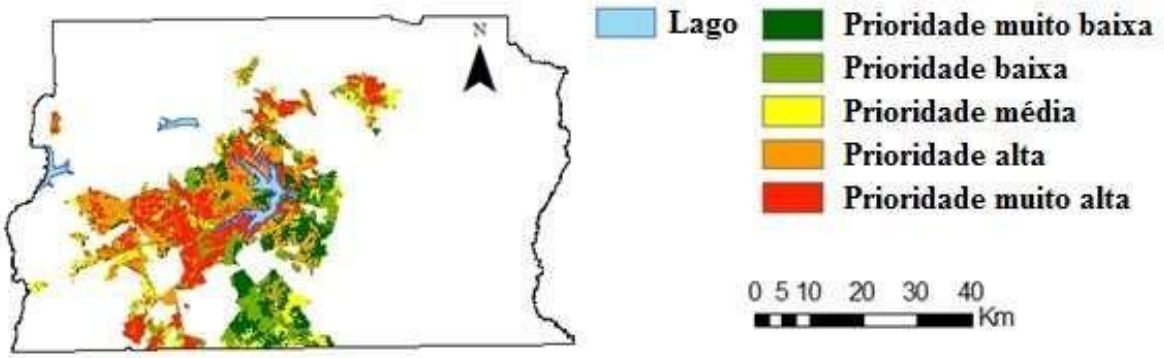
OBS: **A** - fontes fixas; **B** - fontes móveis; **C** - fontes de poluição

Os resultados mostram a distribuição espacial dos riscos segundo a tipologia de fontes de poluição, indicando as áreas prioritárias para monitoramento à luz deste critério. Na Figura 09 - A, os resultados das fontes estacionárias, apontando os mais altos níveis de prioridade para duas áreas, a saber, Epia e Eixo Monumental na Esplanada dos Ministérios.

A Figura 09 - Mapa (B) apresenta os maiores riscos devido às fontes móveis. Observa-se que são quatro áreas mais críticas do DF para o monitoramento, são a (i) BR-020 + EPIA (DF-003) + BR-040, que cortam todo o DF; (ii) a DF-095, que segue do Cruzeiro/Octogonal para Taguatinga, passando pelo SIA, ao sul da Estrutural e norte de Vicente Pires; (iii) DF- 085, que sai do Guará, passando pela porção Norte de Águas Claras para encontrar a DF-001; (iv) DF-075 + BR-060, que sai do Núcleo Bandeirantes, passando pela porção norte do Riacho Fundo I, sul de Samambaia, sentido Anápolis – Goiânia. Importantes níveis de poluição móvel também foi identificado na W3 em toda sua extensão, além do eixo monumental do trecho rodoviária – praça dos 3 Poderes.

A Figura 9 - Mapa (C) integrou os mapas (A) e (B) mostrando, em detalhes, a malha viária onde existem os maiores aportes de poluição por emissão veicular. Algumas outras localizações apontam pontos de média prioridade para monitoramento.

Os níveis de prioridade de monitoramento, considerando o critério "característica do ambiente", mostram resultados com uma concentração de áreas prioritárias para o monitoramento no quadrante Sudoeste das áreas urbanas do DF. Este quadrante é historicamente o objeto prioritário de urbanização e adensamento segundo os Plano Diretor de Ordenamento Territoriais no DF.



Fonte: Réquia Jr e cols, 2015
Figura 10 – Mapa de áreas prioritárias para monitoramento segundo os critérios de "características do ambiente" no DF

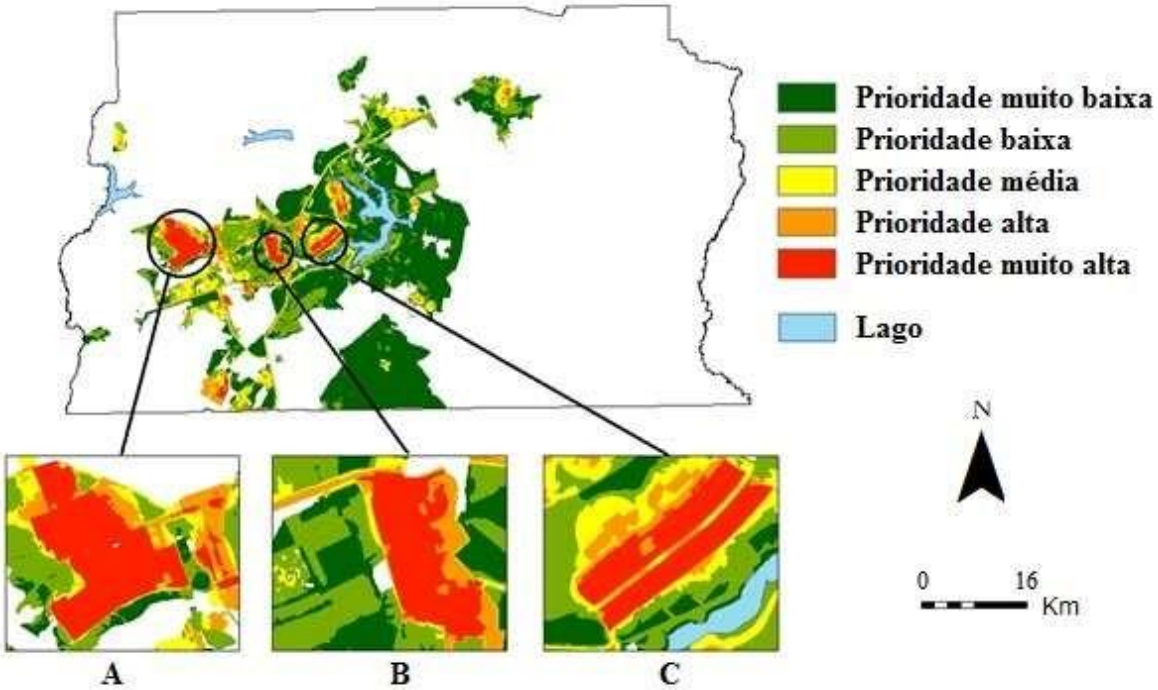
A proposta de mapa final sobre os níveis de prioridades para ao monitoramento da exposição humana está apresentado na Figura 11. Considerando todos os fatores estudados, dentre todas as áreas críticas, toda a asa sul do Plano Piloto (A), grande parte do Guará (B) e da Ceilândia (C) aparecem com os mais altos níveis de prioridades.

A região A reúne alguns conjuntos de fatores que explicam o nível de atenção altíssimo encontrado para a necessidade do monitoramento da poluição do ar. Pode-se citar:

- ✓ é a região do DF que concentram a maior densidade populacional;
- ✓ é uma das regiões com o menor rendimento *per capita*; e
- ✓ é uma região com alto crescimento de atividades comerciais - o que consequentemente demanda um elevado fluxo de veículos.

Já a região B pode estar associada a um local que apresentou um número elevado de pacientes internados por motivos de doenças do sistema respiratório e circulatório, além de ser também um lugar com densidade populacional elevada. A região C evidenciou a necessidade de um nível de atenção altíssimo, que pode ser explicado por:

- ✓ é uma região com alta densidade populacional, sobretudo, idosos;
- ✓ é uma região que concentra um elevado número de instituições educacionais (114 instituições), o que leva a apresentar uma densidade alta de crianças e adolescentes no período diurno (são entorno de 108 000 alunos); e
- ✓ é uma região que também apresentou um número elevado de pacientes com doenças do sistema respiratório ou circulatório.



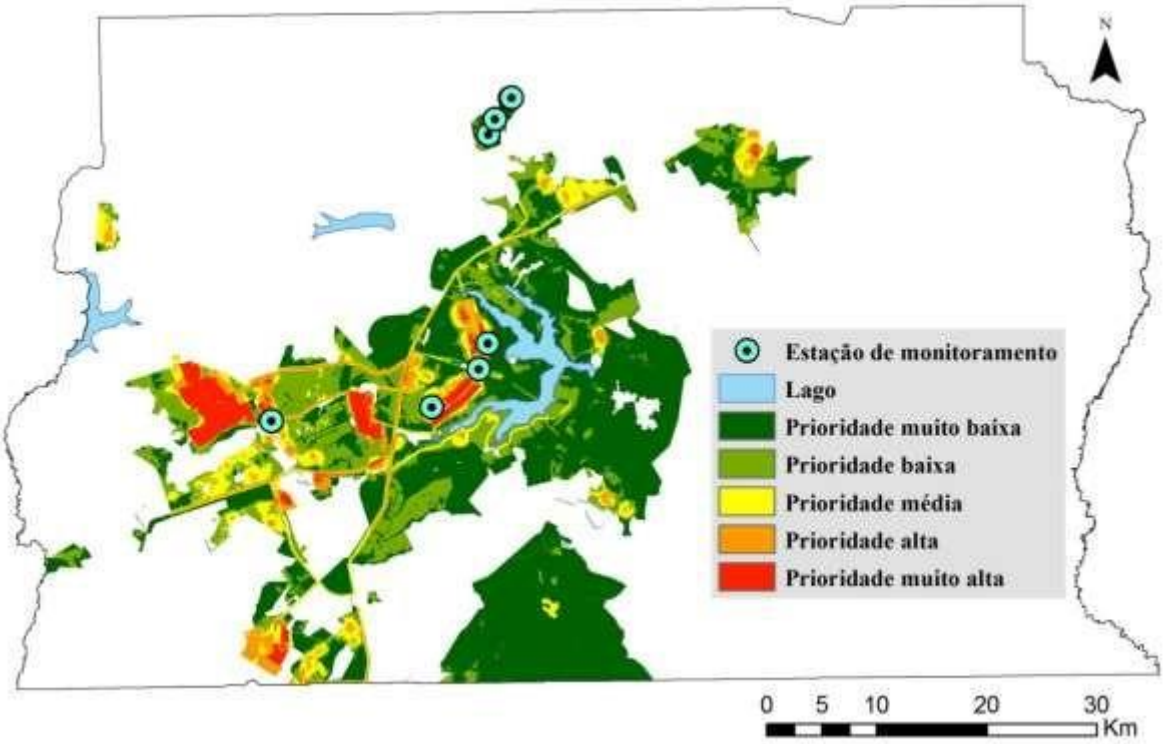
Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 11 – Mapa final com as principais regiões identificadas como de prioridade muito alta para o monitoramento pelo poder público no Distrito Federal
OBS: A, B e C - principais regiões identificadas como prioridade muito alta

6. PROPOSTA PARA UMA REDE DE MONITORAMENTO DA POLUIÇÃO DO AR NO DF

Comparando os resultados referentes aos níveis de prioridade identificados com a localização das atuais estações de monitoramento do DF (Figura 12), percebe-se que, mesmo com a identificação de estações instaladas em lugares com prioridades muito alta, ainda há necessidade de realizar uma redistribuição do posicionamento de algumas estações, considerando as diversas fontes de emissões, uma vez que a disposição atual pouco considera a poluição por modal de transporte rodoviário.

Do total de sete estações, três estão localizadas praticamente na mesma região, conforme observado no conjunto das estações mais ao Norte do mapa (Figura 12), região caracterizada pela presença de duas grandes empresas cimenteiras do DF, na Região Administrativa da Fercal.

Destaca-se também que algumas áreas identificadas como prioridade alta e prioridade muito alta não possuem estações de monitoramento. É o caso da área que foi identificada como região A – Figura 12, e algumas áreas ao Sul do mapa.



Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 12 – Mapa final de prioridade para o monitoramento de emissões veiculares no DF e localização das estações de monitoramento do DF

7. AS ÁREAS VERDES PROTEGEM A POPULAÇÃO – EXISTE CORRELAÇÃO NEGATIVA ENTRE PROXIMIDADE DE ÁREA VERDE E OCORRÊNCIA DE DOENÇA CARDIORRESPIRATÓRIA NO DF

Esta análise verificou a associação espacial entre a ocorrência de doenças do sistema cardiorrespiratório e 28 variáveis, as quais foram agrupadas.

Tabela 4 – Número de variáveis por categorias utilizadas nos estudos

Categorias	Número de variáveis
Transporte	6
Uso do Solo	10
Inventário de Poluição do Ar	6
Elementos meteorológicos e de terreno	3
Demografia e Economia	2
Outros	1
Total	**28**

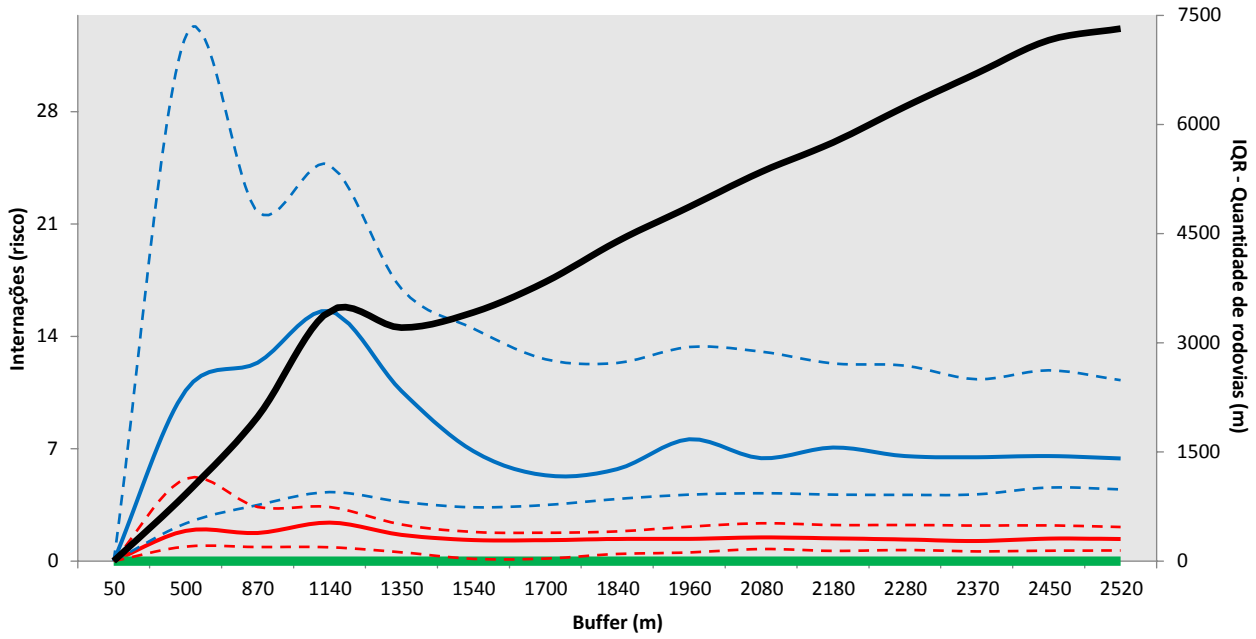
Cada uma dessas 28 variáveis foi mensurada para cada grupo de endereço residencial (conjuntos ou quadras), no qual possui a informação de quantas pessoas foram internadas por doenças cardiorrespiratórias no DF entre 2009 e 2013. Essa mensuração foi realizada com técnicas de geoinformação (Sistema Geográfico de Informação), em que foram definidas 15 (quinze) áreas tampão ao redor de cada grupo de endereço residencial (total de 1.527 grupos de endereços). Os tampões foram especificados utilizando-se uma escala logarítmica variando entre 50 metros a 2.520 metros ao redor do ponto de referência. Assim, no estudo atual, isto significa o estudo da associação das 28 variáveis (por exemplo: áreas verdes em espaços urbanos) com a saúde humana, variando entre 50 m a mais de 2,5Km de distância da residência dos pacientes.

O método de regressão adotado foi o Quantile Regression. Este método verifica a influência das variáveis preditoras com base nos *quantiles* da variável resposta. Diferente do método de regressão dos mínimos quadrados, que verifica a influência das variáveis preditoras com base somente na média da variável resposta. A fórmula utilizada está representada abaixo:

$$Risk_{kij} = \beta_{kij} \times IQR_{kj}$$

Onde: *k* é a variável de predição
I representa o *quantile* i^{th}, sendo utilizado 0,05; 0,10; 0,25; 0,75 e 0,90
J representa o tamanho do tampão
IQR representa o intervalo entre os quantilhes (75th $Percentile_{k,j}$ – 25th $Percentile_{k,j}$)

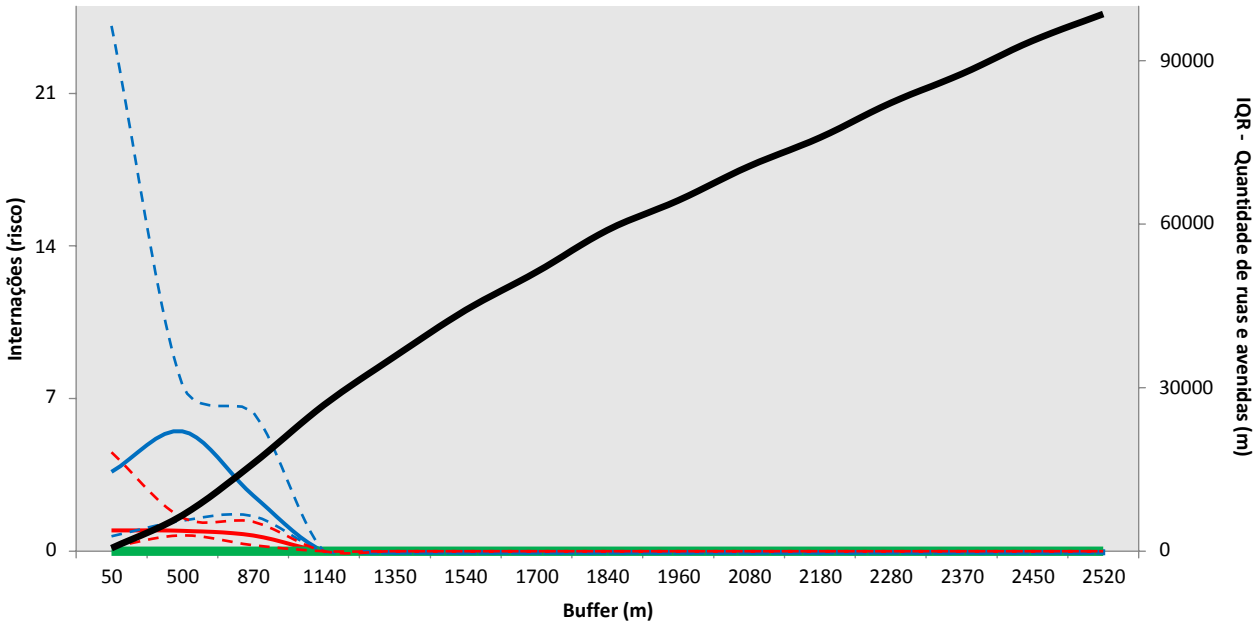
A análise do risco de internações hospitalares, face à quantidade de rodovias (IQR em metros) e ao tamanho do tampão (em metros) mostrou que a partir de 1,1 Km de distância da residência, existe uma relação crescente entre o tamanho da malha viária existente e o risco de ocorrência de doenças cardiorrespiratórias. A partir de então, com tampões maiores que 1,1 Km, em que pese o aumento significativo da malha viária, o risco de ocorrência de hospitalizações diminui e se estabiliza em torno de 7 (sete) pacientes.



Legenda: linha azul sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,95);
linha vermelha sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,90);
linha verde sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,05; 0,10; 0,25; 0,75);
linha azul pontilhada (internações – risco – 95% IC para o quantile 0,95);
linha vermelha pontilhada (internações – risco – 95% IC para o quantile 0,90);
linha preta sólida (IQR – quantidade da variável preditora).

Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 13 – Associação das rodovias com o risco de internação hospitalar devido a doenças cardiorrespiratórias no Distrito Federal

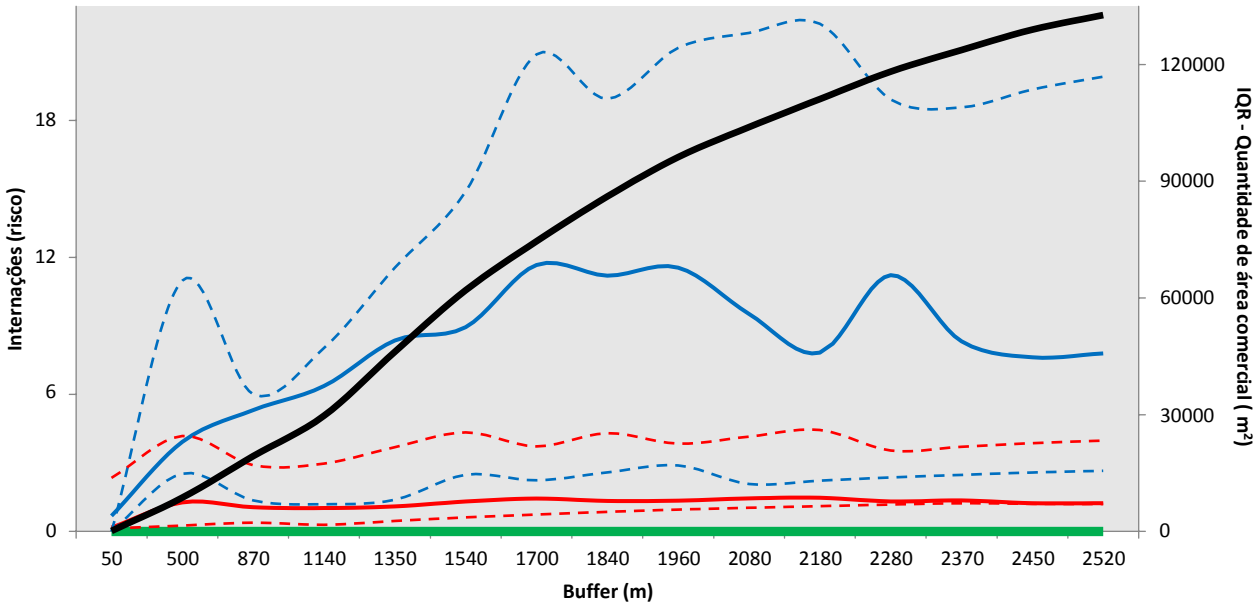
O mesmo foi empreendido em relação às ruas e avenidas, na proximidade das residências de onde foram internados pacientes com doenças cardiorrespiratórias, mostrando menores impactos com vias locais e avenidas quando comparados as rodovias.



Legenda: linha azul sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,95);
linha vermelha sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,90);
linha verde sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,05; 0,10; 0,25; 0,75);
linha azul pontilhada (internações – risco – 95% IC para o quantile 0,95);
linha vermelha pontilhada (internações – risco – 95% IC para o quantile 0,90);
linha preta sólida (IQR – quantidade da variável preditora).

Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 14 – Associação das ruas e avenidas com o risco de internação hospitalar devido a doenças cardiorrespiratórias no Distrito Federal

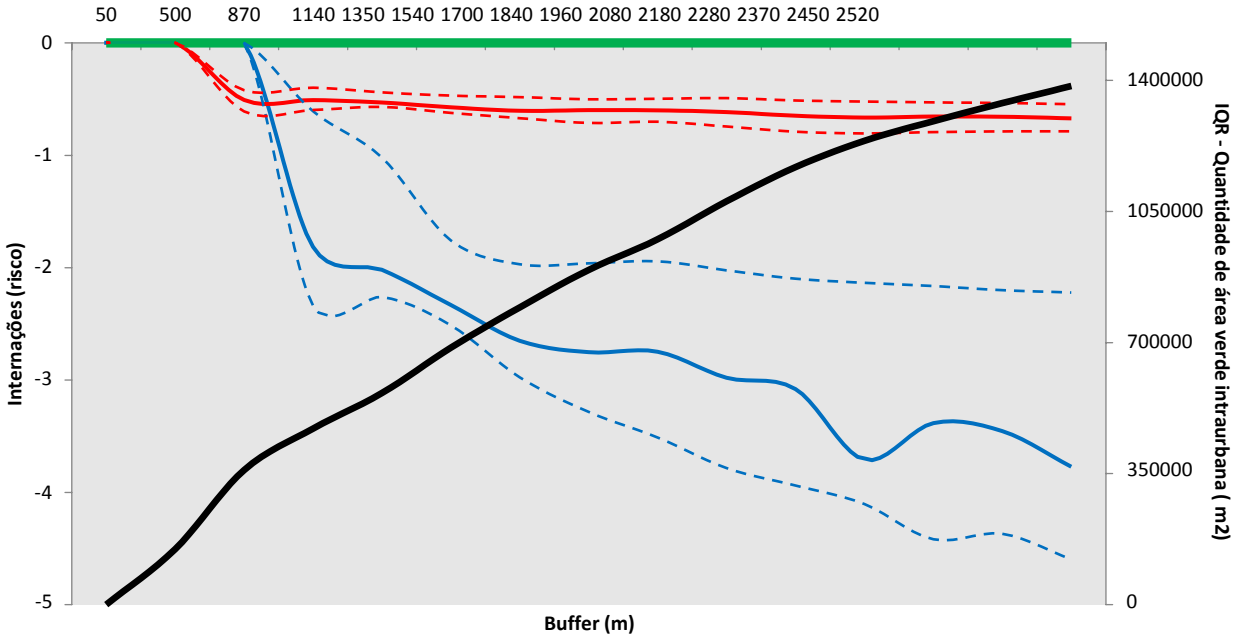
Considerando as áreas comerciais, foi encontrado risco para todos os *buffers*. O risco aumento até o *buffer* de 1.700 m, no qual nessa distância ocorre o maior risco (quantile 0,95; risco = 12 internações; 95% IC: 2,2; 20,8), IQR igual a 74.000 m^2. Em seguida o risco diminui para em torno de 7 internações; quantile 0,95; enquanto o IQR continua aumentando.



Legenda: linha azul sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,95);
linha vermelha sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,90);
linha verde sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,05; 0,10; 0,25; 0,75);
linha azul pontilhada (internações – risco – 95% IC para o quantile 0,95);
linha vermelha pontilhada (internações – risco – 95% IC para o quantile 0,90);
linha preta sólida (IQR – quantidade da variável preditora).

Fonte: Réquia Jr e cols, 2015
Figura 15 – Associação das áreas comerciais com o risco de internação hospitalar devido a doenças cardiorrespiratórias no Distrito Federal

O efeito foi o oposto quando foi analisada às áreas verdes intraurbanas. Observou-se um decréscimo do risco entre todos os *buffers*, enquanto que o IQR aumentava em cada *buffer*. Quanto aos rios, há risco significante somente entre 870 e 2.280 m no *quantile* 0,95; e entre 870 e 1.700 m no *quantile* 0,90. Isto retrata o impacto positivo e benfazejo de áreas verdes intraurbanas à saúde humana na prevenção do risco de internação hospitalar por motivo de doenças cardiorrespiratórias. Este efeito estende-se para além de 2,5 Km^2 em relação ao local de residência do paciente (uma vez que a curva ainda não se estabilizou, *vide* figura abaixo).



Legenda: linha azul sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,95);
linha vermelha sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,90);
linha verde sólida (internações – risco – coeficientes para o quantile 0,05; 0,10; 0,25; 0,75);
linha azul pontilhada (internações – risco – 95% IC para o quantile 0,95);
linha vermelha pontilhada (internações – risco – 95% IC para o quantile 0,90);
linha preta sólida (IQR – quantidade da variável preditora).

Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 16 – Associação das áreas verdes com o risco de internação hospitalar devido a doenças cardiorrespiratórias no Distrito Federal

Este resultado é de grande importância para a gestão territorial. Tornar áreas urbanas consolidadas mais verdes (em termos da quantidade, qualidade e disposição de indivíduos arbóreos) precisa se tornar política pública para assegurar qualidade de vida à população.

Recomenda-se determinação dos custos para o Estado, relativo a internação destes pacientes e compará-los em relação aos custos de manutenção da medicação e dos cuidados providos pelo Estado, de sorte a compreender e qualificar a importância da implantação e manutenção de áreas verdes no tecido urbano.

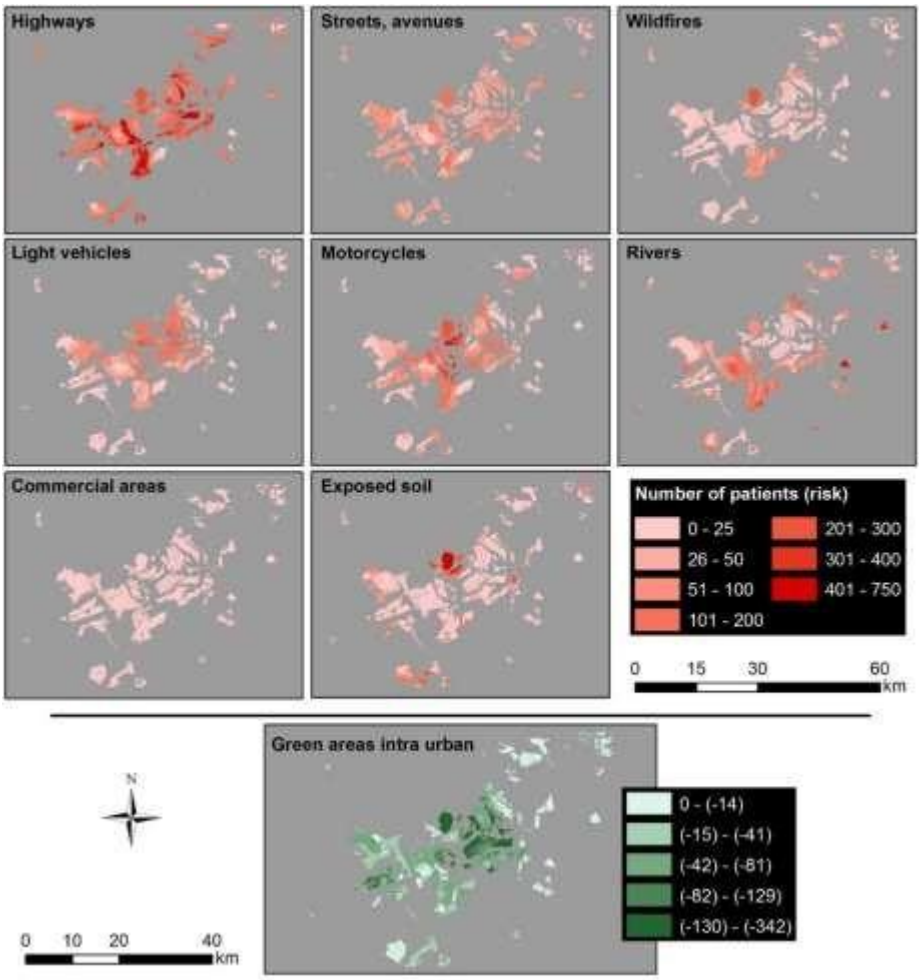
As áreas urbanas com risco alto e muito alto à saúde humana precisam ser priorizadas quanto ao monitoramento. Ademais, aquelas caracterizadas como *locus* de alto risco de internação (Plano Piloto, Guara e Ceilândia), devem ser objeto de requalificação da morfologia urbana, por meio de instrumentos vigentes a exemplo da Operação Consorciada Urbana (prevista para Ceilândia), estabelecimento de efetivo sistema verde, por meio da implantação de parques e UCs de uso

sustentável no próprio tecido urbano, além do direcionamento da compensação (ambiental ou floresta?) para estas áreas. A requalificação de áreas urbanas consolidadas está relacionada a recuperação da prestação de serviços ecossistêmicos pelo ambiente natural, em áreas urbanas.

8. RISCO À SAÚDE HUMANA COM BASE NAS VARIÁVEIS ESTUDADAS

A distribuição territorial do risco à saúde humana está apresentada abaixo, considerando as diferentes categorias e variáveis estudadas. Estruturou-se um escalonamento do risco considerando a quantidade de população sujeita ao risco e a gradação da cor utilizada para a representação espacial indica maior intensidade de cor para maior número de pessoas sob risco. Desta forma, a escala varia de 0 a 750 pacientes, distribuída em sete grupos.

As estradas e vias de alta velocidade, as ruas e avenidas, os incêndios florestais, os veículos leves, as motocicletas, os rios, as áreas comerciais e o solo exposto contribuem para o risco à saúde humana. No entanto, o risco não é homogêneo e varia segundo a variável estudada.



Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 17 – Contribuição das variáveis ao risco à saúde humana no espaço territorial do DF

As estradas e vias de alta velocidade contribuem intensamente para os maiores riscos à saúde humana em todo o território. Esta é uma variável crítica para o monitoramento. As rodovias foram as que apresentaram o maior risco. Observou-se que um aumento de 2.500m de rodovias (*buffer* entre 500 a 1.140 m) foi associado com um aumento de 46% no risco de doenças cardiorrespiratórias. Observou-se que um aumento de 6.000 m de ruas e avenidas (*buffer* 50 a 500 m) esteve associado com um aumento de 51% do risco de doenças cardiorrespiratórias. Por outro lado, observou-se que um aumento de 1 km^2 de áreas verdes intraurbana (entre os *buffers* de 1.140 e 2.520 m) esteve associado com menos 2 internações

Seguem-se as motocicletas, com maiores riscos à população residente na região da EPIA ao final do eixo monumental, sentido sudoeste. Distribuição similar acontece com os veículos leves.
Com exceção das áreas comerciais, com menores riscos, as demais variáveis apresentam distribuições localizadas no DF.

Os incêndios florestais representam ameaça ao meio ambiente e à saúde humana pela piora da qualidade do ar. O estudo mostra que os maiores riscos em área próxima ao Parque Nacional de Brasília e na região do ParkWay, onde existe mais área ambientalmente protegida e integra, suscetível a queimadas. O solo exposto é um elemento importante, particularmente na época da seca do Distrito Federal, e especialmente onde existem construção civil mais intensa.

Enquanto as diversas variáveis utilizadas apresentaram associação direta com o risco de contração de doenças cardiorrespiratórias (em termos de número de pacientes), indicando influência negativa destes parâmetros, a presença de áreas verdes intraurbana possibilita efeitos inversos, inversamente ligados ao risco de ocorrência de doenças cardiorrespiratórias, ou seja, efeitos protetores para o bem-estar da população. Assim as áreas próximas ao Parque Nacional, parte do Plano Piloto incluindo-se início do eixo monumental apresentam os efeitos mais importantes para o bem-estar da população.

Estes são elementos importantes do estudo do ponto de vista da formulação de políticas públicas voltadas ao bem-estar da população, e que será desdobrado em Diretrizes Gerais e Específicas para as Zonas e Subzonas do ZEE/DF.

A qualificação das áreas urbanas do DF, inclusive e principalmente as áreas urbanas consolidadas devem ser consideradas pelo poder público. A presença de áreas verdes cuidadas entremeadas no tecido urbano (como as Unidades de Conservação de uso sustentável) propicia, não apenas maior valor imobiliário, tamponamento de ruídos, bem estar humano pela presença da Natureza, infiltração de água de chuva prevenindo inundações, mas também presta um serviço ecossistêmico de grande valor, atualmente pouco considerado pelos Governos, que é a diminuição objetiva do risco de contrair doenças cardiorrespiratórias, cujo custo ao sistema público de saúde, não foi dimensionado. No entanto, compreendendo a complexidade de atendimento de problemas cardiorrespiratórios, fazemos hipótese de que é mais barato constituir e manter parques do que tratar doentes no sistema público.

9. A CONTRIBUIÇÃO DOS PADRÕES URBANOS E DE EDIFICAÇÃO DO DF PARA A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS

Foram considerados estudos (em curso) da linha de pesquisa que busca abordar os serviços ecossistêmicos a partir do conceito de UST – *Urban Structure Type*, ou tipo de estrutura urbana. Ou seja, testou-se a hipótese de que o tipo de estrutura urbana condiciona a movimentação das pessoas,

a tipologia e intensidade de poluição e, portanto, a qualidade de vida da população residente, pela exposição a estas fontes. Desta forma, ainda que as UST sejam, por enquanto, um conceito acadêmico, os resultados já obtidos das pesquisas podem orientar políticas públicas para o território, foco de análise deste ZEE-DF.

As pesquisas sobre os serviços ecossistêmicos para desenvolvimento de indicadores para o monitoramento e orientações para o território, no tocante à capacidade de suporte ecológica (inclusive intraurbanos), deverão ser intensificados na fase de implementação do ZEE-DF, posto que tem potencial de orientar e qualificar os instrumentos de gestão do território (licenciamento ambiental e outorga pelo uso da água).

O olhar integrado de morfologia urbana e impacto aos serviços ecossistêmico é inovador e possibilita reflexões sobre o desenho urbano no DF, trazendo insumo tanto para requalificação de áreas urbanas consolidadas quanto para o planejamento urbano sustentável. O DF apresenta, em seu marco legal vigente, os meios para tal, à exemplo da Operação Urbana Consorciada.

Neste sentido, os estudos disponíveis foram incorporados ao ZEE-DF na medida em que eles mostram resultados estatísticos consistentes relacionando risco à saúde humana no DF a morfologias urbanas presentes.

10. OS PADRÕES URBANOS – AS UST

O conceito de UST foi desenvolvido na década de 60 do século XX, na Alemanha, evoluindo do método tradicional para uma abordagem mais específica para identificar tipos de morfologia em relação ao residencial, construções industriais, prédios comerciais, prédios públicos, áreas verdes e espaços abertos em relação a cinco parâmetros propostos:

- Quantidade
- Agregação
- Vegetação
- Áreas impermeabilizadas
- Conectividade

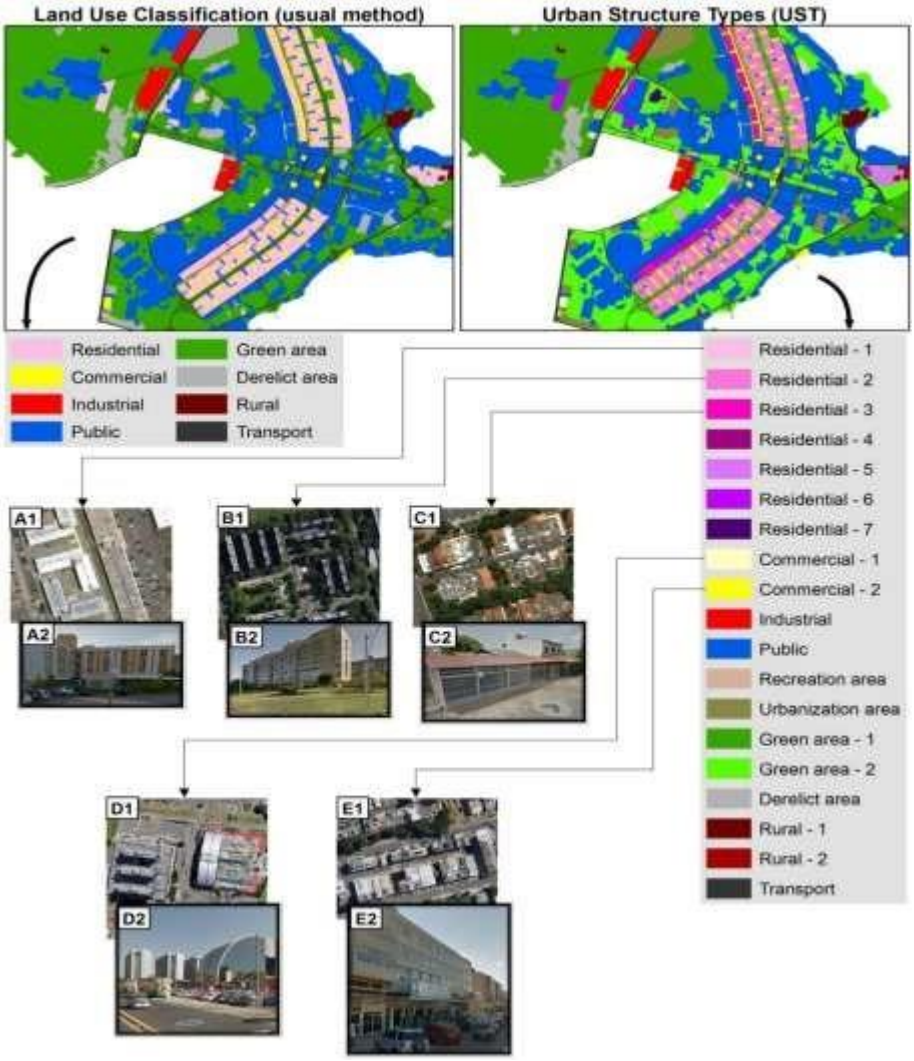
Os estudos comparativos entre o método tradicional de classificação do uso do solo limitam as possibilidades de análise pela excessiva simplificação da abordagem que considera apenas oito tipos: uso residencial, comercial, industrial, público, área verde, áreas abandonadas, rural e transportes.

A proposta de UST possibilita qualificar os usos dentro mesmo destas categorias mais tradicionais além de ampliar os tipos. Basicamente, trabalha-se com cinco grandes tipos de usos: áreas verdes, áreas residenciais, áreas públicas, áreas comerciais e industriais e áreas mistas. Estes cinco tipos se desdobram em outros tipos mais detalhados conforme características internas dos grandes tipos básicos.

			Índice de área verde	Renda	Tamanho do lote	Descrição
Área verde	Natural	Unidades de conservação (CU)	Alto – Muito alto	NA	NA	Áreas onde a ocupação urbana é limitada.
		Espaços verdes (GS)	Médio	NA	NA	Área verde intra urbana.
	Artificial	Área degradada (DC)	baixo–muito baixo	NA	NA	Área de solo exposto.
		Urbanização (URB)	Baixo-Médio	NA	NA	Áreas designadas para novas áreas urbanas.
Área residencial	Rural	Densidade muito baixa – RH 1	Médio-Alto	MB - B	> 2000 m²	Áreas rurais em inicial processo de legalização.
		Densidade baixa – RH 2	Baixo-Médio	Média	> 2000 m²	Área rural em processo avançado de legalização.
	Urbana – Casas	Marginal -RH 3	Muito baixo	Muito baixo	< 150 m²	Materiais simples de construção. Área muito pobre.
		Densidade alta – RH 4	Muito baixo	Baixo	150 – 250 m²	Área homogênea com alta densidade de urbanização.
		Densidade média -RH 5	Baixo	B - M	250 – 500 m²	Casas heterogêneas (algumas piscinas e jardins)
		Padrão alto -RH 6	Médio	M - A	500 – 1000 m²	Casas de padrão elevado, unifamiliar.
		Padrão muito alto -RH 7	Médio	A - MA	1000–2000 m²	Casa com padrão muito elevado. Manssões.
	Urbana – Apartamentos	Prédios baixos – RB 1	Baixo	Média	NA	Prédios de até 6 andares em áreas.
		Prédios baixos, nobre – RB 2	Alto-Muito Alto	M - A	NA	Prédios de até 6 andares em áreas. Área nobre.
		Prédios altos – RB 3	Baixo	Média	NA	Prédios de até 35 andares.
Área pública		Transporte - T	Muito baixo	NA	NA	Vias de tráfego de veículos.
		Prédios públicos - PB	Baixo	NA	Variável	Prédios públicos e centros de serviços.
		Recreação - RA	Média	NA	NA	Infraestrutura de esporte.
Área comercial e industrial		Comercial – C 1	Muito baixo	NA	Variável	Prédios comerciais com padrão médio a alto.
		Industrial – I 1	Muito baixo	NA	> 2000m²	Área designada para indústria. Pouco comércio.
Mista		Comercial / Residencial – C 2	Muito baixo	Variable	Variable	Área comercial com área residencial.
		Industrial / Comercial / Residencial – I 2	Muito baixo	Variable	Variable	Áreas industriais com áreas comerciais e residencias.

Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 18 – Árvore de classificação das UST

No exemplo abaixo, um estudo de caso do Plano Piloto de Brasília (RA-I), com os diversas tipos de áreas residenciais (7 tipos), comerciais (2 tipos), áreas verdes (2 tipos), rurais (2 tipos), além do uso industrial, público, áreas abandonadas, transporte, e de 2 novos tipos: áreas de recreação e áreas de urbanização.

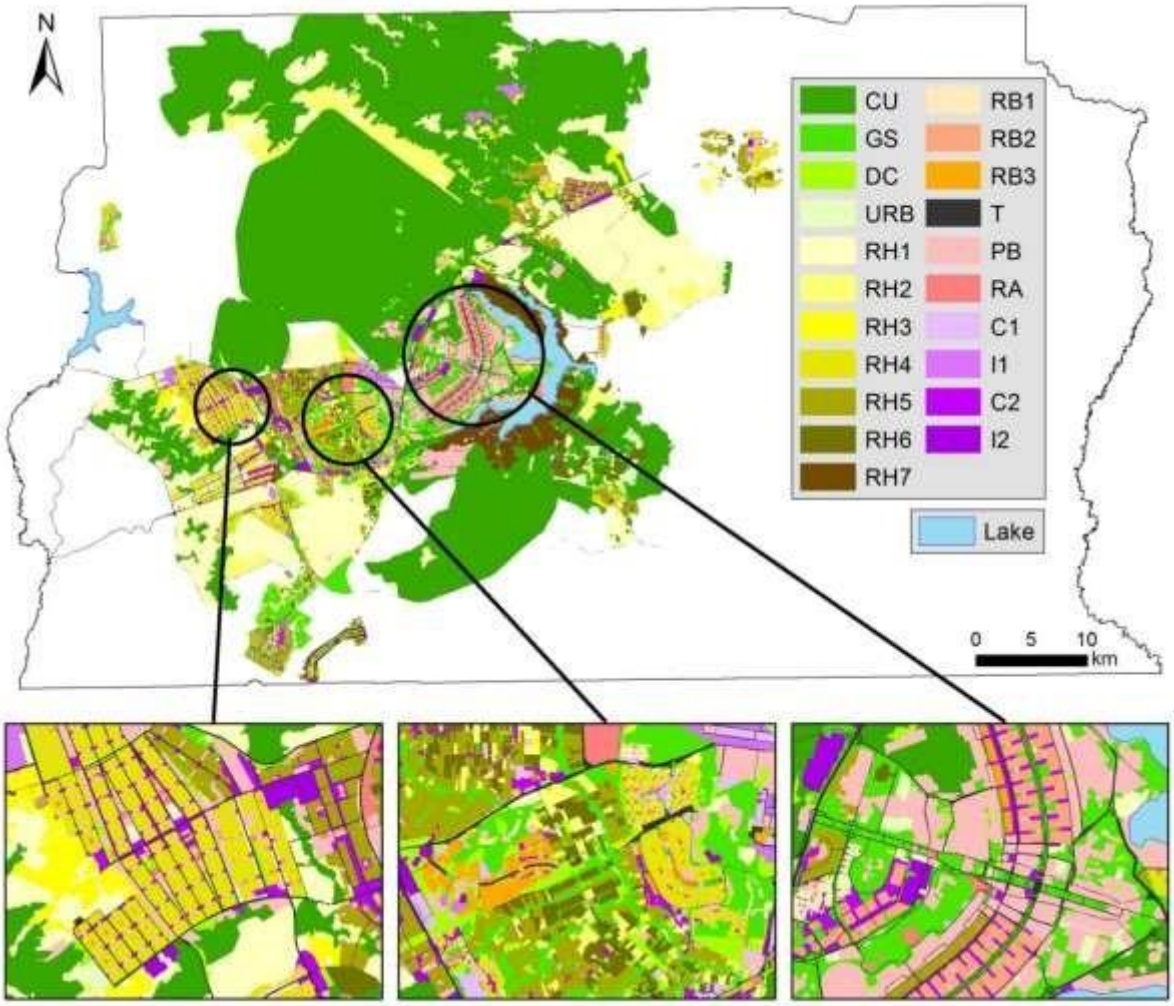


Legenda: A1 – exemplo da classe Residencial 1 (imagem de satélite);
A2 – exemplo da classe Residencial 1 (detalhes do local);
B1 – exemplo da classe Residencial 2 (imagem de satélite);
B2 – exemplo da classe Residencial 2 (detalhes do local);
C1 – exemplo da classe Residencial 3 (imagem de satélite);
C2 – exemplo da classe Residencial 3 (detalhes do local);
D1 – exemplo da classe Comercial 1 (imagem de satélite);
D2 – exemplo da classe Comercial 1 (detalhes do local);
E1 – exemplo da classe Comercial 2 (imagem de satélite);
E2 – exemplo da classe Comercial 2 (detalhes do local).

Fonte: Réquia Júnior, 2015

Figura 19 – Comparação entre a classificação tradicional do uso do solo e a classificação com base nos tipos de estrutura urbana

O estudo do território possibilitou a proposição de 21 (vinte e um) tipos detalhados de morfologias urbanas as quais podem ser agrupadas, se necessário, em doze grandes tipos, distribuídas ao longo do território.



Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 20 – Proposta preliminar de UST para o Distrito Federal, 2015

O detalhamento das tipologias possibilitou a associação ao risco de doenças cardiorrespiratórias a cada tipologia de uso do solo, considerando a malha viária e a movimentação de veículos leves atuais.

Observe-se que a alterações significativas no tipo, distribuição e tamanho da malha viária e consequentemente alterações no fluxo de veículos nos atuais percursos levará a variações nos riscos à saúde humana.

Assim, com a atual conformação da malha viária e intensidade de tráfego veicular, os tipos de morfologia urbana com maior associação a riscos de contração de doenças cardiorrespiratórias foram relacionados ao risco para a população residente.

Tabela 5 - Risco significante diferente de zero em cada *buffer*

Categoria	Variáveis	Buffer														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Áreas verdes	CU															
	GS															
	DC															
	URB		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Áreas residenciais	RH1			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	RH2															
	RH3						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	RH4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	RH5															
	RH6										+	+	+	+	+	+
	RH7															
	RB1		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	RB2															
	RB3						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Áreas públicas	T															
	PB			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	RA		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área comercial e industrial	C1															
	I1															
Mista	C2					+	+	+	+	+	+	+	+			
	I2															

Legenda: IQR igual a zero (cor laranja);
95% IC não contém valor zero (cor verde);
95% IC contém valor zero (cor vermelha);
risco negativo (-);
risco positivo (+);
Buffer 50 m (1); *Buffer* 500 m (2); *Buffer* 870 m (3);
Buffer 1.140 m (4); *Buffer* 1.350 m (5); *Buffer* 1.540 m (6);
Buffer 1.700 m (7); *Buffer* 1.840 m (8); *Buffer* 1.960 m (9);
Buffer 2.080 m (10); *Buffer* 2.180 m (11); *Buffer* 2.280 m (12);
Buffer 2.370 m (13); *Buffer* 2.450 m (14); *Buffer* 2.520 m (15)

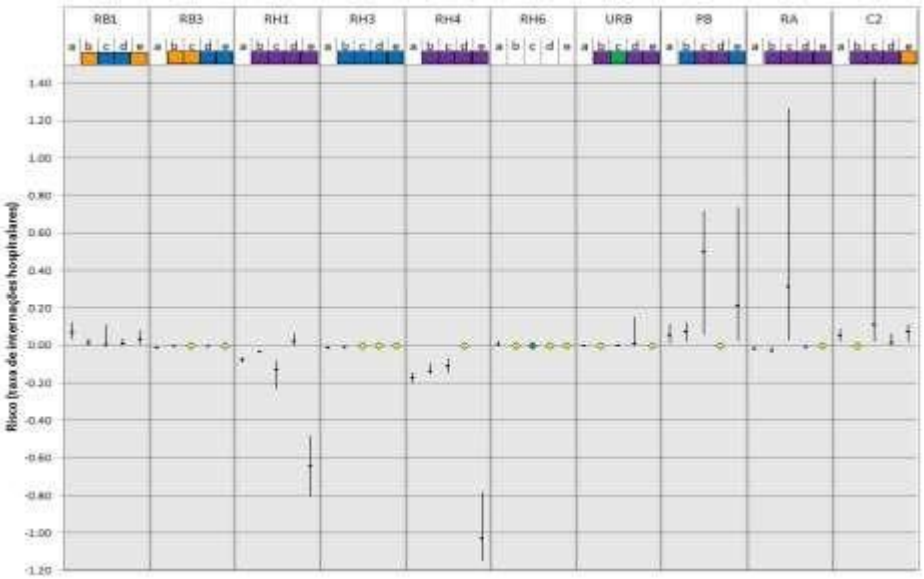
OBS – 95% IC não contém o valor zero
Fonte: Réquia Júnior, 2015

As variáveis unidades de conservação (CU), espaços verdes (GS), áreas degradadas (DC), área residencial de densidade baixa (RH2), área residencial de densidade média (RH5), transporte (T), área comercial (C1), área industrial (I1) e área mista entre indústrias, comércio e residências (I2) apresentaram valor zero no intervalo de confiança para todos os *buffers*, indicando que não há associação significativa com a ocorrência de internações.

Entre as UST que indicaram efeitos na ocorrência de internações, urbanização (URB), área residencial de densidade muito baixa (RH1), área residencial marginal (RH3), área residencial de densidade alta (RH4), área residencial de prédios altos (RB3) e área de recreação (RA) mostraram efeito negativo, o que significa que essas UST reduzem o risco de internações hospitalares.

Por outro lado, as variáveis área residencial de padrão alto (RH6), área residencial de prédios baixos (RB1), prédios públicos (PB) e área mista – comercio/residências (C2) apresentaram efeito positivo no risco de ocorrência de internações.

Observou-se existência de diferenças estatisticamente relevantes associando o risco de internação hospitalar por doenças cardiorrespiratórias associadas a poluição com algumas tipologias urbanas. Há risco decorrente da tipologia urbana em 10 (dez) UST: RB1, RB3, RH1, RH3, RH4, RH6, URB, PB, RA e C2, conforme abaixo.



Legenda: risco da análise primária (a);
risco da análise de sensibilidade – renda alta (b);
risco da análise de sensibilidade – renda baixa (c);
risco da análise de sensibilidade – população alta (d);
risco da análise de sensibilidade – população baixa (e);
95% IC contém valor zero (losango amarelo);
IQR igual a zero (losango verde);
quantil 0,25 (quadrado verde);
quantil 0,75 (quadrado alaranjado);
quantil 0,90 (quadrado azul);
quantil 0,95 (quadrado roxo).

OBS – Risco aferido pela taxa de internações hospitalares
Fonte: Réquia Júnior, 2015
Figura 21 – Risco à saúde humana por tipo de estrutura urbana no Distrito Federal

11. RECOMENDAÇÕES AO ZONEAMENTO FINAL DO ZEE-DF

- Implantar o sistema de monitoramento da qualidade do ar no Distrito Federal, por módulos de prioridade.
- Articular os esforços para assegurar a implementação do Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV).
- Incentivar os modais de transportes com menores emissões.
- Disciplinar os combustíveis para veículos automotivos, particularmente diesel (teor de S).
- Implementar infraestrutura de dados espaciais ambiental (SISDIA) para articular os dados primários produzidos pelos diferentes órgãos governamentais e academia, para o atendimento à lei Orgânica e de indicadores ambientais do DF.
- Assegurar a integração das bases de dados do DF no tocante à saúde pública.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. M. P.; COSTA, R. R.; BRAGA, A. A.; et al. **Monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. São Paulo: Instituto Saúde e Sustentabilidade, 2014.

RÉQUIA JÚNIOR, W. J. **Modelagem espacial da exposição humana às fontes de poluição do ar no Distrito Federal: o uso e ocupação do solo como variável preditora**, 2015. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas): Universidade de Brasília, Brasília.