

Efeitos da cobertura de solo e poluição do ar no risco de nascimentos prematuros

Tiana C. L. Moreira^I , Jefferson L. Polizel^{II} , Weeberb J. Réquia^{III} , Paulo Hilario Nascimento Saldiva^I , Demostenes F. da Silva Filho^{II} , Silvia Regina Dias Medici Saldiva^{IV} , Thais Mauad^I 

^I Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Departamento de Patologia. São Paulo, SP, Brasil

^{II} Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Departamento de Ciências Florestais. Piracicaba, SP, Brasil

^{III} Fundação Getúlio Vargas. Escola de Políticas Públicas e Governo. Brasília, DF, Brasil

^{IV} Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Departamento de Obstetrícia e Ginecologia. São Paulo, SP, Brasil

RESUMO

OBJETIVO: Avaliar a associação entre a idade gestacional e as áreas verdes, áreas construídas urbanas e a concentração de material particulado 2,5 (MP_{2,5}) em São Paulo, analisando a distribuição irregular dessas áreas e os níveis de poluição acima do recomendado.

MÉTODOS: A população utilizada no estudo foi a dos nascidos vivos no ano de 2012, com os dados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivo (Sinasc) na cidade de São Paulo. Por meio de imagens de satélites e realizando a classificação supervisionada, obtivemos a distribuição e quantidade de áreas verdes e de áreas construídas, na cidade de São Paulo, assim como as concentrações de MP_{2,5}. Regressões logísticas foram utilizadas para obter possíveis associações.

RESULTADOS: Os resultados do estudo mostram que menor percentual de áreas verdes está associado significativamente com maior chance de prematuridade. Maior densidade de construção foi associada positivamente com a razão de chance de nascimento prematuro. Não encontramos resultados significativos entre a poluição do ar (MP_{2,5}) e prematuridade.

CONCLUSÕES: Os resultados deste estudo demonstraram que áreas mais verdes em relação às áreas menos verdes são menos associadas a nascimentos prematuros.

DESCRIPTORIOS: Parques Recreativos. Poluição do Ar. Recém-Nascido Prematuro. Ambiente Construído.

Correspondência:

Tiana Carla Lopes Moreira
Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina
Avenida Dr. Arnaldo, 455, sala 1.145
01246-903 - São Paulo, SP, Brasil
E-mail: tianacarla@alumni.usp.br

Recebido: 24 abr 2023

Aprovado: 28 jul 2023

Como citar: Moreira TCL, Polizel JL, Réquia WJ, Saldiva PHN, Silva Filho DF, Saldiva SRDM, Mauad T. Efeitos da cobertura de solo e poluição do ar no risco de nascimentos prematuros. Rev Saude Publica. 2024;58:08. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2024058005504>

Copyright: Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte originais sejam creditados.



INTRODUÇÃO

A associação entre desfechos gestacionais e exposições ambientais, como as áreas verdes urbanas e a poluição do ar, é um importante campo da epidemiologia ambiental.

Existem vários estudos demonstrando os benefícios de se morar próximo às áreas verdes e de frequentá-las em relação ao peso ao nascimento e/ou prematuridade¹⁻³. Grazuleviciene et al.⁴ realizaram um estudo com 3.416 mulheres no primeiro trimestre de gravidez, na Lituânia, investigando a influência benéfica da menor distância entre a residência e parques públicos e a pressão arterial sistêmica materna. Em outro estudo, gestantes que moravam até 1.250 m (ou 10 a 15 minutos de caminhada) de áreas verdes em cidades da Pensilvânia (EUA) apresentaram maior frequência de gestações a termo em relação a aquelas que moram a distâncias maiores do que 1.250 m⁵.

Grupos de menor poder aquisitivo parecem se beneficiar, especialmente, da exposição às áreas verdes. Na China, mães com menor poder aquisitivo expostas a essas áreas obtiveram os maiores benefícios dos desfechos de nascimento, principalmente relativos à prematuridade⁶. Akaraci et al.¹, na Austrália, observaram que maiores coberturas de áreas verdes estavam relacionadas a menores chances de prematuridade na população mais vulnerável e com menor poder aquisitivo.

Outros estudos não encontraram evidências de que morar próximos a áreas verdes ou menos poluídas diminuía o risco de prematuridade. Asta et al.⁷, por exemplo, observaram que mulheres em Roma, mesmo morando mais próximas a áreas verdes, tinham aumentada probabilidade de prematuridade a cada aumento de 1°C de temperatura, sem efeito modificador dos valores de MP₁₀.

A exposição materna ao material particulado causou efeitos adversos sobre a prematuridade e peso ao nascer em diversos estudos ao redor do mundo⁸. Confirmando estes dados, um estudo realizado na cidade de São Paulo observou que um aumento de 10 µg/m³ em O₃ e MP₁₀ estava associado à chance de prematuridade e baixo peso ao nascer⁹.

Nos anos de 2012 e 2013, foram registrados 348.337 nascidos vivos na cidade de São Paulo, com uma taxa de prematuridade de 11,9%, variando de 8,4% a 15,9% nos 96 distritos da cidade de São Paulo¹⁰, um valor muito semelhante às médias globais¹¹. Leal et al.¹² observaram que, em uma população de 23.940 mulheres brasileiras em 2011 e 2012, 11,5% dos nascimentos foram prematuros; e que mães adolescentes, com baixa escolaridade e renda, formavam a maioria nessa taxa.

Existem poucos estudos em que variáveis ambientais e sua influência sobre desfechos gestacionais foram analisadas em São Paulo. A maior parte dos estudos foi realizada em países de maior poder aquisitivo que o nosso^{8,13,14} ou em cidades com características distintas de poluição e de distribuição de áreas verdes das nossas megacidades. A distribuição das áreas verdes em São Paulo é bastante desigual, estando concentradas em locais mais ricos e intraurbanos. As áreas verdes localizadas em regiões periféricas são remanescentes das nativas, não localizadas na malha urbana e de pouco uso recreativo¹⁵⁻¹⁷. Os níveis de MP_{2,5} na cidade de São Paulo, mensurados pelas estações da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), extrapolam os limites máximos estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS)^{18,19}.

Neste estudo, portanto, apresentamos dados analisando a exposição às áreas verdes e construídas e MP_{2,5} materna, bem como a razão de chance de prematuridade no município de São Paulo no ano de 2012.

MÉTODOS

Área de Estudo

A cidade de São Paulo tem uma área de 1.521 km² e, em 2012, uma população de 11,37 milhões de habitantes²⁰. O clima da cidade, de acordo com Koppen, é Cwa (clima subtropical úmido), caracterizado por um inverno seco e um verão chuvoso²¹.

A distribuição das áreas verdes na cidade de São Paulo é irregular, conforme demonstrado por Amato et al.¹⁷ As maiores concentrações de áreas verdes estão em regiões de proteção ambiental, nas bordas da cidade.

População de Estudo

A base de dados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivo (Sinasc), do ano de 2012, geocodificada pelo endereço completo das mães foi fornecida pela Coordenação de Epidemiologia e Informação da Secretaria Municipal de Saúde do Município de São Paulo (Figura), por meio de uma parceria para o desenvolvimento do projeto de pesquisa sobre Prematuridade no Município de São Paulo, aprovado pelo Comitê de Ética da Secretaria Municipal de Saúde (CAEE 26132714.1.0000.0086). Para este estudo, os endereços foram agrupados no nível de distritos da cidade. O Sinasc fornece variáveis como peso ao nascer, idade gestacional, tipo de gestação (única, dupla, tripla), presença de anomalias congênitas, tipo de parto, idade, escolaridade e ocupação da mãe e número de partos prévios (Portaria SVS nº 116/2009, de 11/02/2009).

Neste estudo, foram analisados 174.215 registros dos nascidos vivos únicos. Para a análise, foram utilizadas as variáveis: peso ao nascer, idade gestacional, tipo de parto, data de nascimento, escala de Apgar 5, bem como idade, estado civil e escolaridade da gestante²². O banco de dados foi tratado mantendo apenas o peso acima de 0,5 e abaixo de 5 kg e excluindo linhas com dados em branco.

A idade da gestante foi categorizada em faixas, sendo elas: menor que 15; entre 15 e 19,9; entre 20 e 34,9; entre 35 e 39,9; e acima de 40 anos.

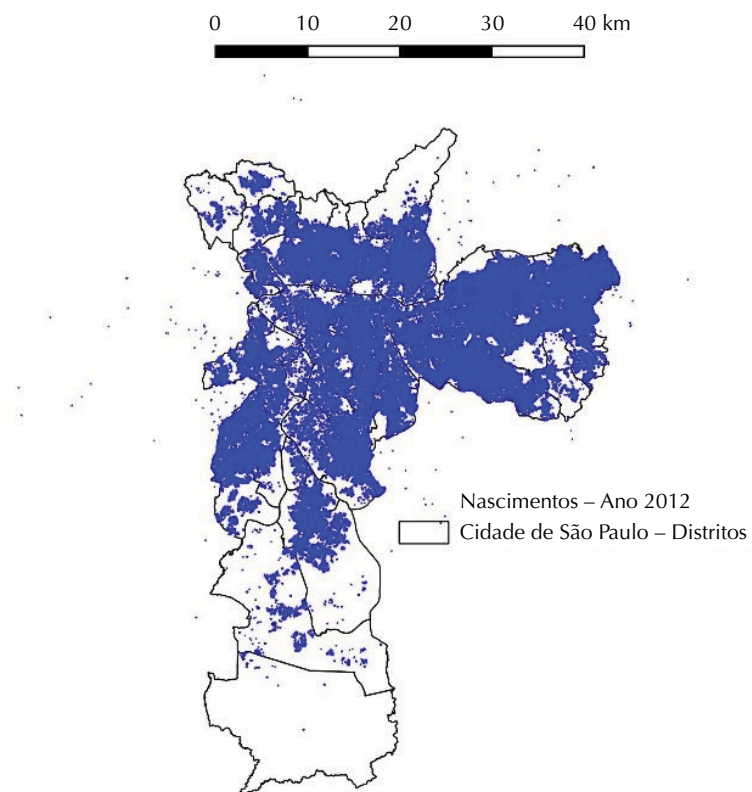


Figura. População de estudo na cidade de São Paulo.

A variável escolaridade (última série concluída) foi utilizada conforme consta no banco de dados de Sinasc (nível de escolaridade), conforme descrito a seguir:

0. Sem escolaridade;
1. Fundamental I (1ª a 4ª série);
2. Fundamental II (5ª a 8ª série);
3. Médio (antigo 2º grau);
4. Superior incompleto;
5. Superior completo.

Desfechos Gestacionais

Neste estudo a idade gestacional que o banco de dados do Sinasc fornece pode ser gerada tanto pelo dia da última menstruação quanto pelo ultrassom.

A idade gestacional é classificada de acordo com Guidelines for Perinatal Care (American Academy of Pediatrics) e The American College of Obstetricians and Gynecologists²³:

Pré-termo extremo: menor que 28 semanas;

Muito pré-termo: 28 semanas a 31 semanas e 6 dias;

Pré-termo moderado: 32 semanas a 33 semanas e 6 dias;

Pré-termo tardio: 34 semanas a 36 semanas e 6 dias;

Pré-termo: menor que 37 semanas;

Termo inicial: 37 semanas a 38 semanas e 6 dias;

Termo total: 39 0/7 semanas a 40 semanas e 6 dias;

Termo tardio: 41 0/7 semanas a 41 semanas e 6 dias;

Pós-termo: 42 semanas ou mais.

Foi criada uma variável binária (0,1) referente à semana gestacional: quando prematuro é igual a 1 (menos de 37 semanas), e não prematuro igual a 0 (mais de 37 semanas).

A variável tipo de parto utilizada foi cesária ou parto normal.

O Apgar é um sistema de pontuação usado para avaliar rapidamente a saúde de um recém-nascido logo após o nascimento. Foi desenvolvido pela doutora Virginia Apgar, em 1952, e é composto por cinco categorias: frequência cardíaca, esforço respiratório, tônus muscular, reflexo de irritabilidade e cor da pele. Ele pode ser avaliado no primeiro minuto após o nascimento (Apgar 1), cinco minutos após o nascimento (Apgar 5) e, algumas vezes, após 10 minutos, quando o score for abaixo de 5. Neste estudo, iremos utilizar o Apgar 5^{24,25}.

Avaliação da Exposição e Cobertura do Solo

A área de exposição ao verde e de cobertura do solo utilizada foi analisada de acordo com a divisão administrativa do município em 96 distritos²⁶.

O GeoSES foi utilizado como fator de correção socioambiental, que resume as principais dimensões do contexto socioeconômico brasileiro para fins de pesquisa²⁷. O GeoSES é um índice composto, que resume as principais dimensões do contexto socioeconômico

brasileiro para fins de pesquisa: educação, mobilidade, pobreza, privação social e material, renda, riqueza e segregação.

Os dados de poluição foram obtidos por meio de imagens de satélite obtidas do *The Copernicus Atmosphere Monitoring Service* (CAMS) de 2012. Extraímos os dados de material particulado 2,5 (MP_{2,5}) em µg/m³ das imagens, utilizando a média do período em cada distrito da cidade de São Paulo²⁸. Neste estudo, utilizamos as médias anuais do poluente, que não levam em consideração as variações durante o ano, que dependem das estações e condições climáticas.

Neste estudo, usando o programa QGIS2.18.11, foram utilizados dois indicadores diferentes de exposição a áreas verdes: cobertura vegetal e o número de árvores de rua. Um mapa digital das localizações das árvores de rua em São Paulo no ano de 2010 foi fornecido pelo próprio município (Geosampa)²⁹. O mapa identificou árvores urbanas em calçadas, ilhas de rua e rotatórias e excluiu árvores em praças, parques, reservas e áreas públicas e privadas internas. As imagens tinham uma resolução de 2 m em uma escala de 1:25.000.

As ortofotos utilizadas neste estudo foram cedidas pelo Instituto de Geociências e Cartografia do Estado de São Paulo e tinham uma resolução espacial de 2 m de lado do pixel, com três bandas espectrais: infravermelho próximo (NIR), azul e vermelho. A classificação da cobertura do solo foi realizada utilizando-se o algoritmo de Random Forest (RF) (programa QGIS2.18.11; Plugin Dtezaka). O RF é um poderoso algoritmo classificador de aprendizagem, bem como um dos métodos mais precisos de classificação da cobertura de solo³⁰. Além disso, é um termo geral para métodos de conjunto que usam classificadores do tipo árvore para treinar o algoritmo, que cria várias árvores semelhantes a *Classification and Regression Tree* (CART)³¹.

Para classificação, para cada árvore na RF há uma votação para a classe mais popular (cor do pixel) na entrada de dados (polígono de amostras do treinador = entrada de dados). A saída do classificador é determinada pela maioria de votos da classe³². Para as amostras do treinador, a classificação das classes foi realizada de acordo com a cor do pixel e a assinatura espectral. Cento e cinquenta amostras de treinamento foram preparadas para cada classe de cobertura da terra. As imagens foram classificadas dentro das seguintes classes de cobertura do solo: copa das árvores, vegetação rasteira, solo nu, piso de cimento, piscina, sombra, telhado (branco, cinza, escuro, cerâmico), asfalto e rio/lago (adaptado de Myeong et al.³³, 2003). Para a análise dos dados, considerou-se a soma das copas das árvores e da vegetação rasteira como espaço verde e a soma dos diferentes tipos de telhado como áreas construídas.

Usamos um esquema composto de falsa cor para permitir a detecção de vegetação na imagem. Neste tipo de representação, a vegetação aparece em diferentes tons de vermelho, dependendo do tipo e condição, devido à sua alta refletância na banda NIR³⁴. Solo nu, estradas e edifícios podem aparecer em vários tons de azul, amarelo ou cinza, dependendo do material de composição. A composição ortofoto de falsa cor utilizada neste estudo foi R (canal 1) = banda NIR, G (canal 2) = banda vermelha, B (canal 3) = banda azul.

A acurácia da classificação foi determinada por meio de uma matriz de erro de classificação, o índice Kappa. Os mapas temáticos utilizados neste estudo apresentaram valores de Kappa iguais ou superiores a 81%, o que é considerado uma classificação acurada de acordo com Landis e Koch³⁵.

Bancos de dados de árvores de rua e cobertura do solo foram avaliados nos 96 distritos.

Análise de Dados

Estas análises foram realizadas para entender a associação entre a semana gestacional e as variáveis de exposição ambiental e sociodemográficas. Examinamos cada variável em modelos sem ajuste, que, a seguir, foram ajustados para modelos logísticos, nos quais as variáveis mostraram associação com, pelo menos, um dos desfechos na análise. A regressão logística binária foi utilizada para as variáveis dependentes dicotômicas. O nível de significância adotado foi de $p = 0,05$. Os resultados das regressões logísticas foram apresentados como *odds ratio* (intervalos de confiança de 95%).

Os modelos logísticos foram controlados para a raça, idade, escolaridade e estado civil, poluição do ar e condição socioeconômica.

A cobertura do solo foi utilizada em quartis e dividida da seguinte forma (Tabela 2):

Q1 – a menor percentagem de cobertura do solo dentro de 25% da população;

Q2 – a segunda menor percentagem de cobertura do solo dentro de 25% da população (até à mediana);

Q3 – a segunda maior percentagem de cobertura do solo dentro de 25% da população (acima da mediana);

Q4 – a maior percentagem de cobertura do solo dentro de 25% da população.

Todos os modelos foram construídos separando cada variável de cobertura do solo, para evitar a multicolinearidade. Uma nova variável, chamada “área verde”, foi criada, definida como a soma de árvores e de vegetação rasteira; outra, chamada “área construída”, foi a soma de todos os telhados de cores diferentes. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Dos 174.215 registros de nascidos únicos vivos, foram retirados os casos cujos endereços eram de fora do município de São Paulo e os que não continham as informações relativas às variáveis utilizadas no estudo, resultando em 166.384 registros, conforme observado na Tabela 1.

Na Tabela 2, podemos observar a distribuição dos quartis de acordo com as coberturas de solo, mostrando que “área verde” possui uma variação que vai de 15,4 % até 84,8%, já a poluição do ar varia muito pouco, de 11,8 até 13,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Os resultados da análise “modelos sem ajuste e logísticas” podem ser vistos na Tabela 3. Os estados civis “solteira” e “união estável” mostraram associação (aumento de 2% e 4%, respectivamente) com a prematuridade, em relação ao estado civil “casada”, nas análises modelo logístico sem ajuste e mantendo a significância na análise logística. A faixa etária na análise modelo logístico sem ajuste foi significativa em todas as faixas etárias, em relação à faixa etária de 20 até 35 anos. Na análise logística, apenas as faixas acima de 35 anos mostraram estar associadas com a prematuridade. A média GeoSES está associada positivamente com a prematuridade nas regressões modelo logístico sem ajuste apesar de marginal, porém, essa associação não ocorreu na análise logística.

Na análise de regressão logística (Tabela 3), a prematuridade se associou ao estado civil “solteiro” (OR = 1,12; IC95% 1,04–1,12; $p = 0,001$) e “união estável” (OR = 1,1; IC95% 1,02–1,12; $p = 0,003$), em relação ao estado civil “casado”; presença de árvores de rua no segundo quartil (Q2: OR = 0,95; IC95% 0,91–0,99; $p = 0,034$) dentro dos diferentes distritos, em relação ao quarto quartil, mostrou mais chance de prematuridade. A idade da mãe

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis de nascimento (1a - sociodemográfico e 1b- saúde recém-nascido).

Variáveis	n	%
Sociodemográfico (n = 166.384)		
Idade da mãe		
Média (CV%)	27,7 (23,8%)	
Mediana [Min, Max]	28,0 [11,0, 52,0]	
Desvio padrão	6,6	
Estado civil mãe		
Solteira	75.261	43,2
Casada	68.082	39,08
Viúva	278	0,16
Separada/divorciada	2.451	1,41
União estável	27.878	16
Sem dados	58	0,03
Escolaridade		
Sem escolaridade	17	0,01
Fundamental 1	294	0,17
Fundamental 2	2.019	1,16
Médio	20.487	11,76
Superior incompleto	103.185	59,23
Superior completo	47.896	27,49
Sem dados	169	0,1
Saúde recém-nascido (n = 166.384)		
Escala de Apgar		
0		0,09
1		0,13
2		0,05
3		0,06
4		0,11
5		0,22
6		0,33
7		0,94
8		4,23
9		34,86
10		58,65
Sem dados		0,1
Presença de anormalidade congênitas		
Presente		1,84
Ausente		98,02
Sem dados		0,1
Tempo gestacional		
Pré termo	18.434	12,31
Termo inicial	61.147	36,06
Termo total	73.537	42,63
Termo tardio	9.702	5,62
Pós termo	3.628	2,12

Continua

Tabela 1. Análise descritiva das variáveis de nascimento (1a - sociodemográfico e 1b- saúde recém-nascido). Continuação

Peso nascimento (CV)		
Média (CV)	3.162,90	17,7
Mediana [Min, Max]	[500, 4.990]	
Desvio padrão	354	
Sem dados	6	0
Idade gestacional do parto (CV)		
Média (CV%)	38,3	5,8
Mediana [Min, Max]	39,0 [19,0, 46,0]	
Desvio padrão	2,21	
Sem dados	2.196	1,3

Tabela 2. Distribuição dos quartis das coberturas de solo e material particulado (MP)_{2,5}.

Cobertura de solo	Q1 (%)	Q2 (%)	Q3 (%)	Q4 (%)
Áreas verdes	15,4 (24,8)	25,8 (33,6)	34,6 (45,0)	46,0 (84,8)
Cobertura arbórea	6,9 (14,7)	15,7 (23,3)	24,3 (33,6)	34,6 (73,4)
Vegetação rasteira	3,4 (8,0)	9,05 (9,31)	10,31 (11,6)	12,6 (17,7)
Área construída	4,6 (21,0)	22,0 (29,9)	30,9 (36,7)	37,7 (49,7)
MP _{2,5}	11,8 (12,1)	13,2 (12,3)	13,3 (12,7)	13,7 (13,7)
Árvores de rua	0,5 (4,8)	5,82 (6,8)	7,8 (9,73)	10,73 (16,2)

ser maior de 35 anos ou de 35 a 39,9 anos: OR = 1,20; IC95% 1,14–1,27; p = 0,001; e acima de 40 anos: OR = 1,30; IC95% 1,18–1,4; p = 0,001, indicou mais chance de prematuridade em relação a faixa etária de 20 até 34,9 anos. A porcentagem de áreas construídas no quarto quartil (OR = 1,09; IC95% 1,04–1,14; p = 0,001), dentro de cada distrito, mostrou aumento da associação com prematuridade em relação ao primeiro quartil. A porcentagem total de áreas verdes (Q1: OR = 1,08; IC95% 1,03–1,13; p = 0,001 e Q2: OR = 1,05; IC95% 1,00–1,10; p = 0,018), cobertura arbórea (Q1: OR = 1,07; IC95% 1,02–1,12; p = 0,001) e vegetação rasteira (Q1: OR = 1,09; IC95% 1,04–1,14; p = 0,001 e Q2: OR = 0,91; IC95% 1,00–1,10; p = 0,018) mostraram associação com prematuridade e mais chances de nascimentos prematuros, em relação ao quarto quartil de cada uma das respectivas coberturas de solo. O número de consultas pré-natal também mostrou associação com os nascimentos prematuros.

Não foram encontradas associações estatísticas entre a concentração de MP_{2,5} nos distritos e número de nascidos prematuros.

Tabela 3. Resultado dos modelos sem ajuste e modelos logísticos para idade gestacional do parto < 37 semanas e cobertura de solo.

Idade Gestacional do Parto		Sem ajuste			Logística		
	Preditor	Razão de chances	IC	p	Razão de chances	IC	p
Estado civil - ref solteira	Casada ref	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Solteira	1,11	1,08 – 1,15	0,001	1,12	1,04 – 1,12	0,001
	Viúva	1,09	0,73 – 1,56	0,629	1,10	0,71– 1,52	0,747
	Separada/divorciada	1,06	0,92 – 1,20	0,379	1,06	0,92 – 1,20	0,418
	união estável	1,11	1,06 – 1,16	0,001	1,11	1,02 – 1,12	0,003
Escolaridade - ref sem escolaridade	Sem escolaridade	1,07	0,63 – 1,80	0,794	1,06	0,60 – 1,73	0,815
	Fundamental 1	1,46	1,04 – 2,05	0,026	1,42	1,00– 1,97	0,040
	fundamental 2	1,27	1,10 – 1,45	0,001	1,23	1,07– 1,41	0,003
	médio	1,20	1,14 – 1,26	0,001	1,17	1,10 – 1,23	0,001
	superior incompleto	1,09	1,04 – 1,12	0,001	1,06	1,02 – 1,10	0,003
	superior completo ref	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Idade mãe - ref 20-34,9	Ref : 20-34,9	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	=15	1,59	1,30 – 1,92	0,001	1,08	0,86 – 1,36	0,472
	15-19,9	1,27	1,21 – 1,32	0,001	1,05	0,99 – 1,11	0,064
	35-39,9	1,19	1,13 – 1,23	0,001	1,20	1,14 – 1,27	0,001
	>=40	1,43	1,32 – 1,54	0,001	1,30	1,18 – 1,42	0,001
Raça - ref branca	Branca	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Negra	1,09	1,02 – 1,15	0,006	1,04		0,142
	Amarela	0,93	0,80 – 1,06	0,278	0,94	0,82 – 1,08	0,426
	Parda	1,01	0,97 – 1,04	0,519	0,96	0,93 – 1,00	0,065
	Indígenas	0,86	0,68 – 1,06	0,177	0,80	0,63 – 0,99	0,050
Tipo de parto - ref normal	Parto normal	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	Parto cesárea	0,98	0,94 – 1,00	0,145	0,96	0,92 – 0,99	0,039
Consulta pré-natal	Número de consultas	0,933	0,92- 0,93	0,001	0,93	0,93 - 0,94	0,022
Dados nascimento	APGAR aos 5 minutos	0,82	0,81 – 0,83	0,001	0,97	0,96 – 0,98	0,001
	Peso ao nascimento (kg)	1,00	0,99 – 0,99	0,001	0,99	0,99 – 0,99	0,001
Espaços verdes - quartis	Área verde 1 Q [15,4-24,8]	1,07	1,02 – 1,11	0,002	1,08	1,03 - 1,13	0,001
	Área verde 2 Q [25,8-33,6]	1,04	0,99 – 1,08	0,104	1,05	1,00 – 1,10	0,018
	Área verde 3 Q [34,6-45]	0,99	0,94 – 1,029	0,516	0,99	0,94 - 1,3	0,671
	Área verde 4 Q [46-84,8]	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cobertura arbórea - quartis	Cobertura arbórea 1 Q [6,9-14,7]	1,06	1,01 – 1,10	0,011	1,07	1,02- 1,12	0,001
	Cobertura arbórea 2 Q [15,7-23,3]	1,03	0,98 – 1,07	0,206	1,04	0,99-1,09	0,059
	Cobertura arbórea 3 Q [24,3-33,6]	0,98	0,93 – 1,02	0,384	0,98	0,94 – 1,03	0,571
	Cobertura arbórea 4 Q [34,6-73,4]	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Vegetação rasteiro - quartis	Verde rasteiro - 1 Q [3,4-8]	1,11	1,06 – 1,16	0,001	1,09	1,04 – 1,14	0,001
	Verde rasteiro - 2 Q [9,05-9,31]	1,11	1,06 – 1,16	0,001	1,08	1,03 – 1,13	0,001
	Verde rasteiro - 3 Q [10,31-11,6]	1,04	0,99 – 1,08	0,125	1,02	0,97 – 1,07	0,301
	Verde rasteiro - 4 Q [12,6-17,7]	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Continua

Tabela 3. Resultado dos modelos sem ajuste e modelos logísticos para idade gestacional do parto < 37 semanas e cobertura de solo. Continuação

Área construída - quartis	área construída - 1 Q [4,6-21]	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	área construída - 2 Q [22-29,9]	1,02	0,97 – 1,06	0,297	1,03	0,99 – 1,08	0,123
	área construída - 3 Q [30,9-36,7]	1,02	0,97 – 1,06	0,314	1,02	0,97 – 1,07	0,357
	área construída - 4 Q [37,7-49,7]	1,09	1,04 – 1,13	0,001	1,09	1,04 – 1,14	0,001
Pm _{2,5} - quartis	PM _{2,5} - 1 Q [11,8-12,1]	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	PM _{2,5} - 2 Q [13,2-12,3]	0,98	0,93 – 1,01	0,275	0,97	0,93 – 1,02	0,380
	PM _{2,5} - 3 Q [13,3-12,7]	1,02	0,97 – 1,06	0,388	1,01	0,96 – 1,05	0,613
	PM _{2,5} - 4 Q [13,7-13,7]	0,99	0,94 – 1,03	0,546	1,00	0,95 – 1,05	0,943
	MediaGeoSES	0,96	0,91 – 0,99	0,035	1,00	0,95 – 1,05	0,915
Árvores de rua – quartis (Ref: 9,73-16,2)	Árvores de rua - 1 Q [0,53-4,82]	1,01	0,96 – 1,05	0,595	1,00	0,95-1,04	0,940
	Árvores de rua - 2 Q [5,82-6,8]	0,97	0,92 – 1,00	0,11	0,95	0,91-0,99	0,034
	Árvores de rua - 3 Q [7,8-9,73]	1,00	0,95 – 1,04	0,975	1,01	0,95-1,04	0,945
	Árvores de rua - 4 Q [9,73-16,2]	-----	-----	-----	-----	-----	-----

MP: material particulado; IC95%: intervalo de confiança de 95%.

DISCUSSÃO

Neste estudo, analisamos a influência do tipo de cobertura do solo sobre a frequência de prematuridade na cidade de São Paulo, em 2012. Observamos que a porcentagem dos diversos tipos de áreas verdes nos distritos da cidade pôde diminuir de 5% até 9% a chance de nascimentos prematuros. Os resultados deste estudo também mostraram que um menor percentual de áreas verdes está associado significativamente a maior chance de prematuridade, assim como áreas densamente construídas (> 37,7% de área construída neste estudo). Não houve influência dos níveis de MP_{2,5} nos parâmetros estudados. De nosso conhecimento, este é o primeiro estudo mostrando as associações benéficas entre a existência de áreas verdes urbanas e a baixa da prematuridade no Brasil.

A prematuridade também está relacionada a outros fatores, como raça, estado civil, idade materna, tipo de parto, consulta pré-natal, peso e Apgar, já bem estabelecidos na literatura³⁶. Neste estudo, observamos que indígenas têm uma maior chance de prematuridade, assim como descrito por Martinelli et al.³⁶ e Barreto et al.³⁷

O estado civil e a idade da mãe também influenciam na prematuridade. Neste estudo, gestantes com idade acima de 35 anos, solteiras ou em união estável possuem mais chance de parto prematuro, estes achados corroboram com resultados de outros estudos³⁸.

O aumento de consultas pré-natal também está bem estabelecido na literatura como fator de menor risco de prematuridade^{36,39}. Este fator também foi observado neste estudo.

Muitos estudos já foram realizados mostrando a associação benéfica entre exposição a áreas verdes e desfechos gestacionais, mas grande parte foi realizada em países de maior renda ou Índice de Desenvolvimento Humano⁴⁰. Meta-análises revelam que tais associações são mantidas quando há alta porcentagem de área verde residencial.

Villeuneuve et al.⁴¹ observaram que a porcentagem de área verde residencial esteve associada positivamente à redução dos riscos de nascimento prematuro, baixo peso ao nascer e nascituros pequenos para a idade gestacional; diferentemente deste estudo, em que a única associação positiva foi a prematuridade. Estudos que associam status socioeconômico a maiores benefícios das áreas verdes apontam que os efeitos benéficos são maiores nas populações desprovidas⁴², com exceção de um estudo australiano que mostrou benefícios desproporcionais entre mulheres

de bairros mais afluentes⁴³. Nesta pesquisa, usamos o índice GeoSES dentro de cada distrito, mas associações significativas entre este índice e prematuridade nos diferentes distritos não foram encontradas na análise logística. Na cidade de São Paulo, a maior ocorrência de áreas verdes não está necessariamente ligada aos índices socioeconômicos. A região sul da cidade, por exemplo, tem grandes áreas de cobertura vegetal nativa em distritos com baixos índices socioeconômicos. Já na região oeste, os maiores índices de cobertura vegetal estão nas áreas mais afluentes da cidade. Mesmo que, provavelmente, a qualidade e o acesso a estas áreas verdes sejam diferentes nas duas regiões.

Os mecanismos específicos pelos quais as áreas verdes trariam benefícios gestacionais não são conhecidos, mas algumas vias são plausíveis: 1) efeito psicológico restaurativo na mãe, com diminuição do estresse; 2) ação direta na saúde cardiovascular, por aumentar atividade física, e na saúde mental, por estimular a coesão social; 3) ação indireta por melhora das condições ambientais de poluição, temperatura e umidade⁴³.

As áreas verdes são capazes de melhorar o microclima de regiões e diminuir a poluição². Porém, assim como Akaraci et al.⁴⁰ em um estudo em Sydney, Austrália, não encontramos associação entre MP_{2,5} e prematuridade, diferentemente de estudos em outros países^{40,43,44}. Pelo fato de as medidas de poluição neste estudo terem sido derivadas de imagens de satélite, é possível que diferenças de exposição individuais não tenham sido captadas. Além disso, este resultado aponta um efeito independente das áreas verdes sobre os resultados do nascimento, para além dos associados a menores taxas de poluição⁴⁰. De fato, associações entre poluição do ar e prematuridade em São Paulo foram encontrados em estudos onde houve microescala de exposição¹⁰ e, também, prejuízo na angiogênese placentária e redução da função placentária⁴⁵.

Este estudo reforça a importância da arborização viária na saúde humana, principalmente nas grandes cidades. Encontramos associação inversa entre o número de árvores de rua dentro de cada distrito, obtidas por meio da plataforma Geosampa, e os nascimentos prematuros. Curiosamente, um estudo na cidade de Nova Iorque⁴⁴, também uma megacidade, mostrou que o número de árvores de ruas – e não a porcentagem de áreas verdes no entorno residencial – e o acesso a grandes áreas verdes ou azuis correlacionaram-se de maneira benéfica com o índice de nascimentos prematuros⁴⁶.

Não existe consenso sobre a quantidade mínima de exposição às áreas verdes e seus efeitos benéficos à saúde. Urbanistas têm recomendado a regra do 3-30-300, isto é, que cada morador tenha pelo menos a vista de três árvores de sua casa, escola ou trabalho, não menos de 30% de cobertura arbórea no seu bairro e que esteja a 300 m de um espaço público de áreas verdes⁴⁷. Neste estudo, observamos que as associações benéficas se apresentam nos distritos dentro do maior quartil de áreas verdes. Estudo anterior do nosso grupo, avaliando a saúde mental na região metropolitana de São Paulo, mostrou resultados similares, em que a associação benéfica entre ansiedade e áreas verdes só se mostrou significativa no último quartil¹⁵. Mitchell et al.⁴⁸ sugerem que maiores áreas verdes podem ser mais importantes para os efeitos na saúde do que espaços menores, em seu estudo no Reino Unido que avalia mortalidade e morbidade. Tvina et al.⁴⁹ também observaram que, examinando as áreas verdes por quartil, os maiores foram associados a menores chances de parto prematuro.

Kent et al.⁵⁰ demonstraram que, no estado do Alabama, havia maior frequência de nascimentos prematuros nas populações afro-americanas mais pobres que viviam em regiões densamente urbanizadas, quando comparadas com a região rural. Nossos dados reforçam esses achados, mostrando maior chance de prematuridade em regiões mais densamente construídas de São Paulo. Maior exposição a fatores ambientais adversos, como maiores níveis de poluição do ar, ruído, temperatura e estresse podem influenciar estes resultados.

Poucos estudos são encontrados fora do eixo do norte global, sendo difícil comparar resultados de países com tantas diferenças, como o Brasil. Castilo et al.⁵¹ observaram a falta de dados de países de média e baixa renda estudando saúde e áreas verdes. Um dos poucos estudos encontrados foi desenvolvido no Irã e analisou apenas peso ao nascer e não prematuridade, além disso, o clima do país é muito diferente do de São Paulo⁵².

Este trabalho possui algumas limitações. O ano de estudo escolhido foi 2012, pois nele havia acessibilidade ao banco de dados e as ortofotografias da cidade de São Paulo. Seria interessante comparar estes dados com os mais recentes. Outra limitação é a utilização da imagem de satélite para a análise de poluição do ar, que possui uma baixa resolução espacial, não mostrando uma grande variação entre os distritos da cidade. Na cidade de São Paulo, em 2012, ainda não existia a rede de monitoramento de $MP_{2,5}$ com a ampla distribuição espacial necessária para este estudo. Também não foi avaliado o acesso às áreas verdes, nem sua qualidade. Além disso, a distribuição irregular, a falta de manejo adequado e o medo da violência ao acesso a áreas verdes densas certamente interferem no potencial salutogênico das áreas verdes na cidade de São Paulo.

CONCLUSÕES

Nossos dados apontam que nos distritos de São Paulo com maior cobertura arbórea, vegetação rasteira e número de árvores de rua existe uma razão de chance menor de nascimentos prematuros, que inverte-se em áreas mais densamente construídas. Além disso, é reforçada a necessidade de planejamento inteligente, no sentido de adensar significativamente as áreas verdes da cidade, incluindo arborização urbana.

REFERÊNCIAS

1. Akaraci S, Feng X, Suesse T, Jalaludin B, Astell-Burt T. Greener neighbourhoods, healthier birth outcomes? Evidence from Australia. *Environ Pollut*. 2021 Jun;278:116814. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116814>
2. Kloog I. Air pollution, ambient temperature, green space and preterm birth. *Curr Opin Pediatr*. 2019 Apr;31(2):237-43. <https://doi.org/10.1097/MOP.0000000000000736>
3. Sun Y, Ilango SD, Schwarz L, Wang Q, Chen JC, Lawrence JM, et al. Examining the joint effects of heatwaves, air pollution, and green space on the risk of preterm birth in California. *Environ Res Lett*. 2020 Oct;15(10):104099. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb8a3>
4. Grazuleviciene R, Dedele A, Danileviciute A, Vencloviene J, Grazulevicius T, Andrusaityte S, et al. The influence of proximity to city parks on blood pressure in early pregnancy. *Int J Environ Res Public Health*. 2014 Mar;11(3):2958-72. <https://doi.org/10.3390/ijerph110302958>
5. Casey JA, James P, Rudolph KE, Wu CD, Schwartz BS. Greenness and birth outcomes in a range of Pennsylvania communities. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Mar;13(3):311. <https://doi.org/10.3390/ijerph13030311>
6. Zhang L, Shi S, Wu S, Yang Y, Xu J, Zhang Y, et al. Effects of greenness on preterm birth: a national longitudinal study of 3.7 million singleton births. *Innovation (Camb)*. 2022 Apr;3(3):100241. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2022.100241>
7. Asta F, Michelozzi P, Cesaroni G, De Sario M, Badaloni C, Davoli M, et al. The modifying role of socioeconomic position and greenness on the short-term effect of heat and air pollution on preterm births in Rome, 2001-2013. *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Jul;16(14):2497. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142497>
8. Hung TH, Chen PH, Tung TH, Hsu J, Hsu TY, Wan GH. Risks of preterm birth and low birth weight and maternal exposure to $NO_2/PM_{2.5}$ acquired by dichotomous evaluation: a systematic review and meta-analysis. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022 Dec;30(4):9331-49. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24520-5>
9. Nascimento FP, Almeida MF, Gouveia N. Individual and contextual socioeconomic status as effect modifier in the air pollution-birth outcome association. *Sci Total Environ*. 2022 Jan;803:149790. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149790>
10. Saldiva SR, Barrozo LV, Leone CR, Failla MA, Bonilha EA, Bernal RT, et al. Small-scale variations in urban air pollution levels are significantly associated with premature births: a case study in São Paulo, Brazil. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Oct;15(10):2236. <https://doi.org/10.3390/ijerph15102236>
11. Walani SR. Global burden of preterm birth. *Int J Gynaecol Obstet*. 2020 Jul;150(1):31-3. <https://doi.org/10.1002/ijgo.13195>
12. Leal MD, Esteves-Pereira AP, Nakamura-Pereira M, Torres JA, Theme-Filha M, Domingues RM, et al. Prevalence and risk factors related to preterm birth in Brazil. *Reprod Health*. 2016 Oct;13(S3 Suppl 3):127. <https://doi.org/10.1186/s12978-016-0230-0>

13. Bekkar B, Pacheco S, Basu R, DeNicola N. Association of air pollution and heat exposure with preterm birth, low birth weight, and stillbirth in the US: a systematic review. *JAMA Netw Open*. 2020 Jun;3(6):e208243. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.8243>
14. Chersich MF, Pham MD, Areal A, Haghighi MM, Manyuchi A, Swift CP. Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2020 Nov;371:m3811. <https://doi.org/10.1136/bmj.m3811>
15. Moreira TC, Polize JL, Brito M, Silva Filho DF, Chiavegato Filho AD, Viana MC, et al. Assessing the impact of urban environment and green infrastructure on mental health: results from the São Paulo Megacity Mental Health Survey. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2022;32:205-12. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00349-x>
16. Moreira TC, Polizel JL, Santos IS, Silva Filho DF, Bensenor I, Lotufo PA, et al. green spaces, land cover, street trees and hypertension in the megacity of São Paulo. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Jan;17(3):725. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030725>
17. Amato-Lourenço LF, Moreira TC, Arantes BL, Silva Filho DF, Mauad T. Metrôpoles, cobertura vegetal, áreas verdes e saúde. *Estud Av*. 2016 Apr;30(86):113-30. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100008>
18. World Health Organization. Occupational and Environmental Health Team. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment. Geneva: World Health Organization; 2006 [citado 4 out 2021]. Report No.: WHO/SDE/PHE/OEH/06.02. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69477>
19. São Paulo (Estado). Decreto Nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. *Diário Oficial União*. 24 abr 2013.
20. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE divulga as estimativas populacionais dos municípios em 2012. 31 ago 2012 [citado 10 abr 2023]. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14269-asi-ibge-divulga-as-estimativas-populacionais-dos-municipios-em-2012>
21. Estação meteorológica IAG-USP. [citado 20 maio 2023]. Disponível em: <http://www.estacao.iag.usp.br/seasons/index.php#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20classifica%C3%A7%C3%A3o,e%20um%20ver%C3%A3o%20bastante%20chuvoso>
22. Goldenberg RL, Culhane JF, Iams JD, Romero R. Epidemiology and causes of preterm birth. *Lancet*. 2008 Jan;371(9606):75-84. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60074-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60074-4)
23. American Academy of Pediatrics, American College of Obstetricians and Gynecologists, editors. Guidelines for perinatal care. 8th edition. Washington, DC: American Academy of Pediatrics; The American College of Obstetricians and Gynecologists; 2017.
24. Apgar V. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Curr Res Anest Anal*. 1953;32(4):260-7. <https://doi.org/10.1213/0000539-195301000-00041>
25. Simon LV, Hashmi MF, Bragg BN. APGAR Score. *StatPearls Treasure Island: StatPearls*; 2023 [citado 15 jul 2023]. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470569/>
26. São Paulo (Cidade). Subprefeituras. A Secretaria Municipal das Subprefeituras. [citado 6 dez. 2018]. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/regionais/subprefeituras/index.php?p=8978>
27. Barrozo LV, Fornaciali M, André CD, Morais GA, Mansur G, Cabral-Miranda W, et al. GeoSES: a socioeconomic index for health and social research in Brazil. *PLOS ONE*. 2020 Apr 29;15(4):e0232074. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232074>
28. Hammer MS, Donkelaar A, Li C, Lyapustin A, Sayer AM, Hsu NC, et al. Global estimates and long-term trends of fine particulate matter concentrations (1998-2018). *Environ Sci Technol*. 2020 Jul;54(13):7879-90. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01764>
29. São Paulo (Cidade). GeoSampa.. Mapa Digital da Cidade de São Paulo. São Paulo; 2020 [citado 10 dez 2020]. Disponível em: http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx#
30. Rodriguez-Galiano VF, Ghimire B, Rogan J, Chica-Olmo M, Rigol-Sanchez JP. An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS J Photogramm Remote Sens*. 2012;67:93-104. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2011.11.002>
31. Breiman L. Random forests. *Mach Learn*. 2001;45(1):5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
32. Gislason PO, Benediktsson JA, Sveinsson JR. Random forests for land cover classification. *Pattern Recognit Lett*. 2006;27(4):294-300. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2005.08.011>
33. Myeong S, Nowak DJ, Hopkins PF, Brock RH. Urban cover mapping using digital, high-spatial resolution aerial imagery. *Urban Ecosyst*. 2001;5(4):243-56. <https://doi.org/10.1023/A:1025687711588>

34. Jackson RD, Huete AR. Interpreting vegetation indices. *Prev Vet Med.* 1991;11(3-4):185-200. [https://doi.org/10.1016/S0167-5877\(05\)80004-2](https://doi.org/10.1016/S0167-5877(05)80004-2)
35. Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics.* 1977 Jun;33(2):363-74. <https://doi.org/10.2307/2529786>
36. Martinelli KG, Dias Barbara AS, Leal ML, Belotti L, Garcia ÉM, Santos Neto ET dos. Prematuridade no Brasil entre 2012 e 2019: dados do Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos. *Rev Bras Estud Popul.* 2021 Oct;38:e0173. <https://doi.org/10.20947/S0102-3098a0173>
37. Barreto CT, Tavares FG, Theme-Filha M, Farias YN, Pantoja LN, Cardoso AM. Baixo peso ao nascer, prematuridade e restrição de crescimento intra-uterino: resultados dos dados de base da primeira coorte de nascimentos indígenas no Brasil (coorte de nascimentos Guarani). *BMC Pregnancy Childbirth.* 2020 Dec;20(1):748. <https://doi.org/10.1186/s12884-020-03396-8>
38. Souza RT, Cecatti JG, Passini R Jr, Tedesco RP, Lajos GJ, Nomura ML, et al. The burden of provider-initiated preterm birth and associated factors: evidence from the Brazilian Multicenter Study on Preterm Birth (EMIP). *PLoS One.* 2016 Feb;11(2):e0148244. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148244>
39. Melo WA, Carvalho MD B. Análise multivariada dos fatores de riscos para prematuridade no sul do Brasil. *Rev Gest Saúde.* 2014;5(2):398-409.
40. Akaraci S, Feng X, Suesse T, Jalaludin B, Astell-Burt T. A systematic review and meta-analysis of associations between green and blue spaces and birth outcomes. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Apr;17(8):2949. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082949>
41. Villeneuve PJ, Lam S, Tjepkema M, Pinault L, Crouse DL, Osornio-Vargas AR, et al. Residential proximity to greenness and adverse birth outcomes in urban areas: findings from a national Canadian population-based study. *Environ Res.* 2022 Mar;204(Pt C):112344. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112344>
42. Dadvand P, Nazelle A, Figueras F, Basagaña X, Su J, Amoly E, et al. Green space, health inequality and pregnancy. *Environ Int.* 2012 Apr;40:110-5. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.07.004>
43. Kihal-Talantikite W, Padilla CM, Lalloué B, Gelormini M, Zmirou-Navier D, Deguen S. Green space, social inequalities and neonatal mortality in France. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2013 Oct;13(1):191. <https://doi.org/10.1186/1471-2393-13-191>
44. Abelt K, McLafferty S. Green Streets: urban green and birth outcomes. *Int J Environ Res Public Health.* 2017 Jul;14(7):771. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070771>
45. Hettfleisch K, Carvalho MA, Hoshida MS, Pastro LD, Saldiva SR, Vieira SE, et al. Individual exposure to urban air pollution and its correlation with placental angiogenic markers in the first trimester of pregnancy, in São Paulo, Brazil. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021 Jun;28(22):28658-65. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12353-7>
46. Nieuwenhuijsen MJ. Green Infrastructure and Health. *Annu Rev Public Health.* 2021 Apr;42(1):317-28. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-090419-102511>
47. Konijnendijk CC. Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: introducing the 3-30-300 rule. *J For Res.* 2023;34(3):821-30. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01523-z>
48. Mitchell R, Astell-Burt T, Richardson EA. A comparison of green space indicators for epidemiological research. *J Epidemiol Community Health.* 2011 Oct;65(10):853-8. <https://doi.org/10.1136/jech.2010.119172>
49. Tvina A, Visser A, Walker SL, Tsaih SW, Zhou Y, Beyer K, et al. Residential proximity to tree canopy and preterm birth in Black women. *Am J Obstet Gynecol MFM.* 2021 Sep;3(5):100391. <https://doi.org/10.1016/j.ajogmf.2021.100391>
50. Kent ST, McClure LA, Zaitchik BF, Gohlke JM. Area-level risk factors for adverse birth outcomes: trends in urban and rural settings. *BMC Pregnancy Childbirth.* 2013 Jun;13(1):129. <https://doi.org/10.1186/1471-2393-13-129>
51. Castillo MD, Anenberg SC, Chafe ZA, Huxley R, Johnson LS, Kheirbek I, et al. Quantifying the health benefits of urban climate mitigation actions: current state of the epidemiological evidence and application in health impact assessments. *Front Sustain Cities.* 2021;3. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.768227>
52. Torres Toda M, Miri M, Alonso L, Gómez-Roig MD, Foraster M, Dadvand P. Exposure to greenspace and birth weight in a middle-income country. *Environ Res.* 2020 Oct;189:109866. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109866>