

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Faculdade de Medicina**  
**Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública**

Luciene Fátima Fernandes Almeida

**ÁREAS VERDES, PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA E FATORES DE RISCO  
CARDIOMETABÓLICOS: Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil)**

Belo Horizonte

2022

Luciene Fátima Fernandes Almeida

**ÁREAS VERDES, PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA E FATORES DE RISCO  
CARDIOMETABÓLICOS: Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Saúde Pública.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luana Giatti Gonçalves

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandhi Maria Barreto

Belo Horizonte

2022

AL447a Almeida, Luciene Fátima Fernandes.  
Áreas verdes, prática de atividade física e fatores de risco cardiometabólicos: [recursos eletrônicos]: Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil). / Luciene Fátima Fernandes Almeida. -- Belo Horizonte: 2022.

145f.: il.

Formato: PDF.

Requisitos do Sistema: Adobe Digital Editions.

Orientador (a): Luana Giatti Gonçalves.

Coorientador (a): Sandhi Maria Barreto.

Área de concentração: Saúde Pública.

Tese (doutorado): Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.

1. Áreas Verdes. 2. Exercício Físico. 3. Fatores de Risco. 4. Adulto. 5. Doenças Metabólicas. 6. Ambiente Construído. 7. Dissertação Acadêmica. I. Gonçalves, Luana Giatti. II. Barreto, Sandhi Maria. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina. IV. Título.

NLM: QT 256

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE MEDICINA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA

### ATA DE DEFESA DE TESE

Às 08:00 horas do dia dezoito de agosto de 2022, através de transmissão por videoconferência pela Plataforma Lifesize, da Universidade Federal de Minas Gerais, realizou-se a sessão pública para a defesa de tese de LUCIENE FÁTIMA FERNANDES ALMEIDA. A presidência da sessão coube a Prof.(a).Luana Giatti Goncalves - Orientadora (Universidade Federal de Minas Gerais). Inicialmente, o presidente fez a apresentação da Comissão Examinadora assim constituída: Prof.(a) Sandhi Maria Barreto - Coorientadora (Universidade Federal de Minas Gerais), Prof(a). Waleska Teixeira Caiaffa (Universidade Federal de Minas Gerais), Prof(a). Eduardo Faerstein (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), Prof(a). Christovam Barcellos (Fundação Oswaldo Cruz), Prof.(a)Adriano Akira Ferreira Hino (Pontifícia Universidade Católica do Parana). Em seguida, a candidata fez a apresentação do trabalho que constitui sua tese de doutorado, intitulada: "**ÁREAS VERDES, PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA E FATORES DE RISCO CARDIOMETABÓLICOS: Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil)**". Seguiu-se a arguição pelos examinadores e logo após, a Comissão reuniu-se, sem a presença da candidata e do público e decidiu considerar aprovada a tese de doutorado. O resultado final foi comunicado publicamente a candidata pelo presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o presidente encerrou a sessão e lavrou a presente ata que, depois de lida, se aprovada, será assinada pela Comissão Examinadora.

Belo Horizonte, 19 de agosto de 2022.

Assinatura dos membros da banca examinadora:

Prof.(a) Luana Giatti Goncalves - Orientadora (Universidade Federal de Minas Gerais)

Prof. (a) Sandhi Maria Barreto - Coorientadora (Universidade Federal de Minas Gerais)

Prof.(a) Waleska Teixeira Caiaffa (Universidade Federal de Minas Gerais)

Prof. (a) Eduardo Faerstein (Universidade do Estado do Rio de Janeiro)

Prof.(a) Christovam Barcellos (Fundação Oswaldo Cruz)

Prof.(a)Adriano Akira Ferreira Hino (Pontifícia Universidade Católica do Parana)



Documento assinado eletronicamente por Eduardo Faerstein, Usuário Externo, em 23/08/2022, às 09:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por Sandhi Maria Barreto, Vice-presidente de comissão, em 23/08/2022, às 15:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luana Giatti Goncalves, Professora do Magistério Superior**, em 23/08/2022, às 15:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Adriano Akira Ferreira Hino, Usuário Externo**, em 23/08/2022, às 16:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Waleska Teixeira Caiiffa, Coordenador(a)**, em 24/08/2022, às 12:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Christovam de Castro Barcellos Neto, Usuário Externo**, em 26/08/2022, às 10:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 1685955 e o código CRC 3F5E4A93.

*À minha família, por compreender a minha  
ausência em muitos momentos.*

## AGRADECIMENTOS

Às minhas orientadoras, professoras Luana Giatti e Sandhi Maria Barreto, por confiarem no meu trabalho, pela presença constante, pelo conhecimento compartilhado e pelas oportunidades ofertadas.

Aos professores membros da minha banca de defesa de tese, Waleska Caiaffa, Eduardo Faerstein, Christovam Barcellos, Adriano Hino, por todas as contribuições em meu trabalho.

À professora Larissa Loures Mendes, por gentilmente aceitar participar como membro suplente de minha banca de defesa de tese.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da UFMG, pelo exemplo de dedicação ao ensino e pelas oportunidades de aprendizado.

À equipe do Projeto ELSA-UFMG, pela parceria de trabalho durante minha participação na coleta de dados.

Aos participantes do ELSA-Brasil, pois sem eles este trabalho seria inviável.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao professor Fernando Oliveira e ao estatístico Douglas Mesquita, por terem me auxiliado na condução das análises estatísticas da tese.

À minha amiga geógrafa Denise, por gentilmente ter me auxiliado na construção dos mapas da tese.

Às minhas amigas da pós-graduação, Amanda, Fernanda e Tamiris, por tornarem mais leve o percurso do doutorado.

Aos meus irmãos, Luís Carlos e Cícero, pelo suporte em todos os momentos em que precisei.

Ao meu pai, Lecir, por ser exemplo de dedicação ao trabalho.

À minha mãe, Maria Vita, por lutar e vencer desafios para que eu pudesse estudar.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação” (Simone de Beauvoir, Memórias de Uma Moça Bem-Comportada, 1958)

## **UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

### **Reitora**

Prof<sup>a</sup>. Sandra Regina Goulart Almeida

### **Vice-Reitor**

Prof. Alessandro Fernandes Moreira

### **Pró-Reitor de Pós-Graduação**

Prof. Isabela Almeida Pordeus

### **Pró-Reitor de Pesquisa**

Prof. Fernando Marcos dos Reis

## **FACULDADE DE MEDICINA**

### **Diretora**

Prof. Alamanda Kfoury Pereira

### **Chefe do Departamento de Medicina Preventiva e Social**

Prof. Raphael Augusto Teixeira de Aguiar

## **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA**

### **Coordenadora**

Prof<sup>a</sup>. Alaneir de Fátima Santos

### **Subcoordenadora**

Prof<sup>a</sup>. Lidyane do Valle Camelo

### **Colegiado**

#### **Titulares**

Prof<sup>a</sup>. Alaneir de Fátima dos Santos  
Prof<sup>a</sup>. Déborah Carvalho Malta  
Prof<sup>a</sup>. Ilka Afonso Reis  
Prof<sup>a</sup>. Lidyane do Valle Camelo  
Prof<sup>a</sup>. Luana Giatti Gonçalves  
Prof<sup>a</sup>. Sandhi Maria Barreto  
Fabiana Martins (representante discente)

#### **Suplentes**

Prof<sup>a</sup>. Alzira de Oliveira Jorge  
Prof<sup>a</sup>. Amélia Augusta Friche  
Prof<sup>a</sup>. Mariângela Leal  
Prof. Rafael Moreira Claro  
Prof. Antônio Luiz Pinho Ribeiro  
Prof. Antônio Thomaz G. da Matta Machado  
Priscila Souza (representante discente)

## RESUMO

Evidências apontam que áreas verdes da vizinhança contribuem para a melhoria da saúde cardiometabólica. Áreas verdes podem estimular a coesão social e a prática de atividade física, diminuir a temperatura e favorecer o conforto térmico, além de diminuir a poluição sonora e atmosférica e dessa forma, contribuir para a melhor saúde física e mental. Entretanto, as evidências produzidas advêm majoritariamente de estudos transversais conduzidos em países de renda alta do hemisfério norte, onde há maior presença de áreas verdes na vizinhança do que em países de baixa e média renda. O objetivo dessa tese foi investigar a associação entre a quantidade de áreas verdes na vizinhança e fatores de risco cardiometabólicos e trajetórias de atividade física no lazer em até oito anos de seguimento em adultos residentes em capitais brasileiras. Este estudo foi conduzido com participantes do Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil). No primeiro artigo, foram utilizados dados de participantes residentes na cidade de Belo Horizonte que compareceram às visitas 1 (2008-2010) e 2 (2012-2014). Por meio do uso de modelos de regressão logística com equações de estimação generalizada (GEE) foi investigado se, em 3,7 anos de seguimento, a prevalência e a incidência de fatores de risco cardiometabólicos ((i) obesidade, (ii) obesidade abdominal e (iii) colesterol de baixa densidade (HDL-c) baixo) seriam menores entre indivíduos que residiam em vizinhanças com maior quantidade de áreas verdes, identificadas pela distribuição do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) médio e pelos percentuais de vegetação arbórea e rasteira em áreas públicas da vizinhança, definida como o *buffer* circular de 500 metros no entorno da residência. Análises transversais indicaram que a maior quantidade de áreas verdes totais, mensuradas pelo NDVI, associaram-se a menor chance de obesidade e obesidade abdominal, independente de características sociodemográficas individuais e condição socioeconômica da vizinhança. Foi também encontrada associação limítrofe entre a maior quantidade de áreas verdes e a menor chance de baixo HDL-c. A magnitude da associação foi maior entre maiores percentuais de vegetação arbórea e menores chances de obesidade, obesidade abdominal e HDL-c baixo. Maiores percentuais de vegetação rasteira associaram-se apenas a menor chance de obesidade abdominal. As associações longitudinais entre os indicadores de áreas verdes e a incidência dos fatores de risco cardiometabólicos não foram estatisticamente significantes no período de seguimento avaliado. No segundo artigo, foram utilizados dados dos participantes residentes em Belo Horizonte e São Paulo que compareceram à visita 1, visita 2 (2012-2014) e visita 3 (2017-2019). Através do uso de modelos de regressão logística multinomial, foi investigado se a exposição à maior quantidade de áreas verdes da vizinhança, mensurada pelo NDVI médio em *buffer* circular de 500 metros no entorno da residência estaria associada à trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa, definida pelo número de visitas em que o participante praticou atividade moderada/vigorosa: a) nenhuma; b) 1/2 visitas; c) 3 visitas. Investigou-se, ainda, se essa associação seria independente da percepção de segurança na vizinhança, da presença de calçadas e iluminação pública e da condição socioeconômica da vizinhança. Após ajustes por variáveis individuais, comparados aos participantes residentes em áreas com a menor quantidade de áreas verdes, os que residiam em locais com maiores quantidades tiveram maiores chances de praticar atividade física em 3 visitas, comparado a quem não praticou atividade física em nenhuma visita. Essas associações foram mantidas em modelos separados com ajuste pela percepção de segurança na vizinhança, pela presença de calçadas pavimentadas e por postes de iluminação pública. Entretanto, a associação entre a trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa não foi independente da condição socioeconômica da vizinhança. Os resultados apresentados sugerem que o planejamento urbano

deve buscar a melhoria do acesso e da distribuição de fatores ambientais, especialmente das áreas verdes, de forma a estimular a prática de atividade física no lazer e melhorar a saúde cardiometabólica.

**Palavras-chave:** Áreas Verdes; Atividade Física; Fatores de Risco Cardiometabólicos; Adultos; ELSA-Brasil; Ambiente Construído

## ABSTRACT

Evidence points out that neighborhood greenspaces contribute to the improvement of cardiometabolic health. Greenspaces can stimulate social cohesion and physical activity, reduce temperature and promote thermal comfort, in addition to reducing noise and air pollution and thus contribute to better physical and mental health. However, the evidence produced comes mostly from cross-sectional studies run in high-income countries in the northern hemisphere, where there is a greater presence of neighborhood greenspaces than in low- and middle-income countries. The objective of this thesis was to investigate the association between the amount of neighborhood greenspaces and cardiometabolic risk factors and leisure-time physical activity trajectories in up to eight years of follow-up in adults living in Brazilian capitals. In the first article, data from participants residing in the city of Belo Horizonte who attended visits 1 (2008-2010) and 2 (2012-2014) were used. Logistic regression models with generalized estimating equations (GEE) were used to investigate whether, over 3.7 years of follow-up, the prevalence and incidence of cardiometabolic risk factors ((i) obesity, (ii) abdominal obesity, and (iii) low HDL-c) would be lower among individuals who lived in neighborhoods with higher greenspace, identified by the distribution of the average Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and by the percentages of tree and herbaceous cover in public areas, defined as 500 meters circular *buffer* around the residence. Cross-sectional analyzes indicated that the higher greenspace, measured by the NDVI, was associated with lower odds of obesity and abdominal obesity, regardless of individual sociodemographic characteristics and neighborhood socioeconomic status. A borderline association was also found between the higher greenspace and the lower odds of low HDL-c. The magnitude of the association was greater between higher percentages of tree cover and lower odds of obesity, abdominal obesity and low HDL-c. Higher percentages of herbaceous cover were associated only with lower odds of abdominal obesity. Longitudinal associations between greenspace indicators and the incidence of cardiometabolic risk factors were not statistically significant in the evaluated follow-up period. In the second article, data from participants residing in Belo Horizonte and São Paulo who attended visit 1, visit 2 (2012-2014) and visit 3 (2017-2019) were used. Multinomial logistic regression models were used to investigate whether exposure to neighborhood greenspace, measured by the average NDVI in a 500 meters circular *buffer* around the residence, would be associated with the trajectory of moderate/vigorous physical activity, defined by the number of visits in which the participant practiced moderate/vigorous activity: a) none; b) 1 or 2 visits; c) 3 visits. It was also investigated whether this association would be independent of the perceived safety in the neighborhood, the presence of sidewalks and public lighting and the neighborhood socioeconomic status. After adjusting for individual covariables, compared to participants residing in areas with lower greenspace, those residing in higher greenspace were more likely to practice physical activity in 3 visits, compared to those who did not practice physical activity in any visit. These associations were maintained in separate models with adjustment for perceived safety in the neighborhood, the presence of sidewalks and public lighting. However, the association between the trajectory of practice of moderate/vigorous physical activity was not independent of the neighborhood socioeconomic status. The results suggest that urban planning actions should improve the access and distribution of environmental factors, especially greenspaces, in order to encourage the practice of leisure-time physical activity and improve cardiometabolic health.

**Keywords:** Greenspaces; Physical activity; Cardiometabolic Risk Factors; Adults; ELSA-Brasil; Built Environment

## SUMÁRIO

<b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 Modelo teórico: determinantes dos fatores de risco cardiometabólicos</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2 Características individuais e fatores de risco cardiometabólicos</b> .....	<b>22</b>
<b>2.3 O ambiente urbano, atividade física e fatores de risco cardiometabólicos</b> .....	<b>23</b>
2.3.1 <i>Ambiente social</i> .....	23
2.3.2 <i>Ambiente físico</i> .....	25
2.3.3 <i>Ambiente socioeconômico</i> .....	27
<b>2.4 Áreas verdes, atividade física e fatores de risco cardiometabólicos</b> .....	<b>29</b>
2.4.1 <i>Associação entre áreas verdes e saúde cardiometabólica: mecanismos explicativos</i> .....	34
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>37</b>
<b>4 OBJETIVOS</b> .....	<b>39</b>
<b>4.1 Objetivo geral</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>39</b>
<b>5 MÉTODOS</b> .....	<b>40</b>
<b>5.1 Cenário do estudo</b> .....	<b>40</b>
<b>5.2 Delineamento e população do estudo</b> .....	<b>41</b>
5.2.1 <i>População do estudo – Artigo 1</i> .....	41
5.2.2 <i>População do estudo – Artigo 2</i> .....	42
5.2.3 <i>Coleta de dados</i> .....	42
5.2.4 <i>Georreferenciamento dos locais de moradia dos participantes do ELSA-Brasil</i> .....	43
<b>5.3 Variáveis do estudo</b> .....	<b>46</b>
5.3.1 <i>Áreas verdes na vizinhança (Artigos 1 e 2)</i> .....	46
5.3.2 <i>Variáveis resposta (Artigo 1)</i> .....	54
5.3.5 <i>Variável resposta (Artigo 2)</i> .....	56
5.3.6 <i>Covariáveis do estudo</i> .....	57
<b>5.4 Aspectos Éticos</b> .....	<b>62</b>
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>63</b>
<b>6.1 Artigo 1</b> .....	<b>63</b>
<b>6.2 Artigo 2</b> .....	<b>92</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>117</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>120</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>132</b>
APÊNDICE A – Etapas do geoprocessamento para obtenção de valores de médios de NDVI e de percentuais de vegetação arbórea e rasteira .....	132
APÊNDICE B – Etapas do geoprocessamento para obtenção de valores de declividade.....	133

APÊNDICE C - Artigo original 1 no formato publicado no periódico Health & Place.....	134
<b>ANEXOS .....</b>	<b>143</b>
ANEXO A – Aprovação da primeira etapa de obtenção de dados do ELSA-Brasil pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais.....	143
ANEXO B – Aprovação da inclusão de exames na segunda etapa do ELSA-Brasil pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais.....	144
ANEXO C – Ata do exame de qualificação.....	145

## 1 APRESENTAÇÃO

Esta tese de doutorado foi desenvolvida na linha de pesquisa Epidemiologia das Doenças e Agravos Não Transmissíveis e Ocupacionais do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Universidade Federal de Minas Gerais (PPGSP/UFMG). O estudo foi conduzido junto ao Grupo de Pesquisa em Doenças Crônicas e Ocupacionais (GERMINAL), utilizando dados do Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil). O ELSA-Brasil é uma coorte multicêntrica que incluiu 15.105 servidores públicos, ativos e aposentados, de instituições de ensino e pesquisa de seis cidades brasileiras (Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Salvador, São Paulo e Vitória). Foi delineado com o objetivo de investigar a incidência de doenças crônicas, em especial do diabetes e das doenças cardiovasculares, e investigar seus fatores de risco comportamentais, biológicos, ambientais, ocupacionais, psicossociais e sociais.

Este volume tem como objetivo investigar associações transversais e longitudinais da quantidade de áreas verdes no entorno residencial com fatores de risco cardiometabólicos e com a trajetória de atividade física em participantes do ELSA-Brasil. Nessa tese, são avaliados dados de participantes residentes nas cidades de Belo Horizonte e São Paulo na visita 1 (2008-2010) e dados coletados nas duas visitas seguintes, 2012-2014 e 2017-2019. Além disso, foram utilizados dados de imagens de satélite do ano de 2011 e dados censitários do ano de 2010 para a obtenção das variáveis contextuais avaliadas nessa tese.

O volume da tese de doutorado apresenta dois artigos científicos originais, conforme estabelecido pelo PPGSP/UFMG. Este volume contém:

1. **Considerações iniciais:** apresentação da fundamentação teórica sobre o tema em estudo;
2. **Justificativa:** justificativa para a elaboração da tese;
3. **Objetivos da tese:** apresentação do objetivo geral e dos objetivos específicos;
4. **Métodos:** apresentação dos métodos referentes ao cenário de estudo, constituição da amostra, coleta de dados e construção de variáveis;
5. **Artigos originais:** apresentação de dois artigos originais que respondem aos objetivos específicos da tese;
6. **Apêndices:** fluxogramas com as etapas de geoprocessamento para a obtenção das variáveis contextuais e apresentação do primeiro artigo da tese no formato publicado no periódico *Health & Place*.
7. **Anexos:** aprovação do projeto ELSA-Brasil pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG e ata do exame de qualificação.

## 2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O século XX experimentou um expressivo aumento da mortalidade por doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), ultrapassando as mortes por doenças infecciosas, inicialmente nos países de renda alta, e depois nos de renda média e média-baixa, incluindo o Brasil. Na atualidade, as doenças cardiometabólicas respondem por um alto percentual da carga de doenças no mundo, sendo as doenças cardiovasculares responsáveis pelo maior número de mortes. Estima-se que no ano de 2016, cerca de 17 milhões de pessoas morreram devido às doenças cardiovasculares em todo o mundo, o que correspondeu à 31% das mortes, sendo que 75% delas ocorreram em países de renda baixa ou média<sup>1</sup>. O diabetes também está entre as principais causas de morte, com 1,6 milhão de óbitos atribuídos diretamente a esta doença no ano de 2012. No ano de 2014, estimou-se que 422 milhões de pessoas eram portadoras de diabetes e essa prevalência tem aumentado em maior velocidade em países de renda baixa ou média<sup>2</sup>. Esse cenário também se reproduz no Brasil, em que 28% e 5% de todos óbitos ocorridos no ano de 2016 foram atribuídos às doenças cardiovasculares e ao diabetes, respectivamente<sup>3</sup>.

A epidemiologia das doenças crônicas floresceu com o aumento da carga dessas doenças, impondo grandes e novos desafios para a compreensão e investigação da história natural dessas doenças. Os estudos cresceram baseando-se sobretudo no paradigma dos fatores de risco, ou seja, a busca por fatores que aumentam a ocorrência dessas doenças, busca muitas vezes desconectada de uma teoria do processo causal complexo que envolve as DCNTs<sup>4</sup>. Esse paradigma, considerado por importantes autores como uma caixa preta<sup>5</sup> é ainda dominante nos tempos atuais. Embora ele tenha permitido detectar e isolar inúmeros fatores de risco para as DCNTs em meio a relações multicausais complexas, nem sempre explicitaram o papel e a relevância dos confundidores incluídos nas análises realizadas, minimizando a complexidade dos fenômenos em análise<sup>6,7</sup>.

---

<sup>1</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cardiovascular diseases (CVDs)**. WHO, 2021.

<sup>2</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Report on Diabetes**. Geneva: WHO, 2016.

<sup>3</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noncommunicable diseases - Country profiles 2018**. Geneva: WHO, 2018.

<sup>4</sup> SUSSER, Mervyn.; SUSSER, Ezra. Choosing a future for epidemiology: I. Eras and paradigms. **American Journal of Public Health**, v. 86, n.5, p. 668-73, 1996.

<sup>5</sup> WEED, Douglas L. Beyond black box epidemiology. **American Journal of Public Health**, v. 88, n.1, p. 12-4, 1998.

<sup>6</sup> SCHWARTZ, S.; SUSSER, E.; SUSSER, M. A future for epidemiology? **Annual Review of Public Health**, v. 20, p. 15-33, 1999.

<sup>7</sup> SUSSER, Mervyn.; SUSSER, Ezra. Choosing a future for epidemiology: I. Eras and paradigms. **American Journal of Public Health**, v. 86, n.5, p. 668-73, 1996.

Críticas ao paradigma dos fatores de risco para a compreensão mais ampla do processo de saúde-doença incluem principalmente o fato dos modelos analíticos serem baseados em fatores individuais, ou seja, não contemplarem a interação entre os indivíduos e o ambiente social, físico e cultural compartilhados pelos distintos grupos sociais estabelecidos na estrutura macroeconômica e social<sup>8,9</sup>. Tais limitações explicam porque os resultados de estudos centrados no indivíduo têm capacidade restrita de embasar intervenções populacionais efetivas de promoção de modos de vida saudáveis e prevenção das DCNTs.

Na década de 70 do século XX, Susser e Susser (1996) propuseram uma abordagem eco-epidemiológica que considera múltiplos níveis de determinação da saúde, salientando que os determinantes de saúde a nível de indivíduo diferem daqueles a nível populacional e que há uma interrelação dinâmica entre estes níveis<sup>10</sup>. A eco-epidemiologia toma como base o ecologismo e aborda a interdependência dos indivíduos e sua conexão com os contextos biológico, físico, social e histórico. Para isso, considera a existência de macroníveis e microníveis de organização enquanto estruturas interconectadas que influenciam o nível individual. Metaforicamente, a eco-epidemiologia propõe avançar do paradigma das “caixas pretas” para o paradigma das “caixas chinesas”, que são uma série de caixas, cada uma contendo uma sucessão de caixas menores com estruturas de níveis sucessivos de organização interligadas entre si. Sendo assim, propõe estudar as múltiplas relações entre esses níveis, sejam eles o ambiental, individual ou molecular, para contribuir com a ampliação da compreensão do processo saúde-doença<sup>11,12</sup>.

Devido às limitações dos fatores individuais para explicar o processo saúde-doença populacional apontadas acima, tem crescido o interesse em verificar o efeito do ambiente na saúde da população, sobretudo no ambiente urbano<sup>13</sup>. A partir da década de 1980, têm ganhado destaque crescente os artigos que investigam como o contexto socioeconômico e ambiental, especialmente na vizinhança onde as pessoas vivem, afetam a saúde. Esses estudos têm se

---

<sup>8</sup> SCHWARTZ, S.; SUSSER, E.; SUSSER, M. A future for epidemiology? **Annual Review of Public Health**, v. 20, p. 15-33, 1999.

<sup>9</sup> SUSSER, Mervyn.; SUSSER, Ezra. Choosing a future for epidemiology: I. Eras and paradigms. **American Journal of Public Health**, v. 86, n.5, p. 668-73, 1996.

<sup>10</sup> KAUFMAN, Jay S. Social Epidemiology. In: ROTHMAN, Kenneth J.; GREENLAND, Sander; LASH, Timothy L. **Modern epidemiology**. 3 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2008. Cap. 26, p. 532-548.

<sup>11</sup> SUSSER, Mervyn; SUSSER, Ezra. Choosing a future for epidemiology: II. From black box to Chinese boxes and eco-epidemiology. **American Journal of Public Health**, v. 86, n. 5, p. 674-677, 1996.

<sup>12</sup> SCHWARTZ, S.; SUSSER, E.; SUSSER, M. A future for epidemiology? **Annual Review of Public Health**, v. 20, p. 15-33, 1999.

<sup>13</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13-21, 2007.

dedicado a verificar o efeito independente de fatores do ambiente em desfechos relacionados à saúde bem como a interação entre os fatores de diferentes níveis.

No contexto da saúde pública, o ambiente urbano pode ser definido como o conjunto de características ou elementos de uma cidade que influenciam o processo saúde-doença<sup>14</sup>. O ambiente urbano é subdividido nos domínios de ambiente social e físico, sendo estes compostos por características modificáveis ou não modificáveis e externas aos indivíduos<sup>15,16,17</sup>. O ambiente social descreve estruturas da relação entre as pessoas, normas sociais, estressores sociais e aspectos de participação e coesão social que influenciam comportamentos e o nível de segurança e violência na vizinhança<sup>18</sup>. Já o ambiente físico abrange tanto o ambiente construído quanto o ambiente natural. O primeiro é entendido como o conjunto de estruturas do ambiente que são produzidas pelos seres humanos ou são um produto de sua construção, como por exemplo, as áreas verdes, a poluição sonora ou da atmosfera, o acesso aos meios de transporte e conectividade das ruas, equipamentos para prática de atividade física e para o fornecimento de alimentos. Já o ambiente natural abrange componentes como as condições geológicas, topográficas e climáticas<sup>19,20,21,22</sup>.

As características do ambiente físico e social são avaliadas pela mensuração de variáveis contextuais. Essa mensuração pode ser realizada por meio de quatro métodos diferentes, sendo eles (a) o uso de informações censitárias agregadas por área administrativa (b) o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), (c) o relato da percepção de indivíduos sobre sua vizinhança e (d) a Observação Social Sistemática (OSS)<sup>23</sup>.

---

<sup>14</sup> OMPAD, Danielle C; GALEA, Sandro; VLAHOV, David. Urbanicity, Urbanization, and the Urban Environment. *In*: GALEA, Sandro. **Macrosocial Determinants of Population Health**. New York: Springer Science, 2007. cap. 3, p. 53-70.

<sup>15</sup> BILAL, Usama; AUCHINCLOSS, Amy H.; DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhood Environments and Diabetes Risk and Control. **Current Diabetes Reports**, v. 18, n. 62, p. 1-12, 2018.

<sup>16</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13-21, 2007.

<sup>17</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125-145, 2010.

<sup>18</sup> Ibid.

<sup>19</sup> BILAL, Usama; AUCHINCLOSS, Amy H.; DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhood Environments and Diabetes Risk and Control. **Current Diabetes Reports**, v. 18, n. 62, p. 1-12, 2018.

<sup>20</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125-145, 2010.

<sup>21</sup> OMPAD, Danielle C; GALEA, Sandro; VLAHOV, David. Urbanicity, Urbanization, and the Urban Environment. *In*: GALEA, Sandro. **Macrosocial Determinants of Population Health**. New York: Springer Science, 2007. cap. 3, p. 53-70.

<sup>22</sup> SCHULZ, Amy; NORTHRIDGE, Mary E. Social determinants of health: implications for environmental health promotion. **Health, Education & Behaviour**, v. 31; n.4; p. 455-471, 2004.

<sup>23</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13-21, 2007.

Os primeiros estudos sobre a relação entre o ambiente urbano e desfechos em saúde foram conduzidos por meio da análise de dados secundários obtidos de censos demográficos, em que características dos residentes eram agregadas por área administrativa, como os setores censitários<sup>24,25</sup>. Esses estudos geralmente destinavam-se a verificar a associação entre medidas de situação socioeconômica da vizinhança e desfechos em saúde a nível individual<sup>26</sup>, como no estudo de Haan, Kaplan e Camacho (2017)<sup>27</sup>, em que foi verificado maior risco de morte em nove anos de seguimento (1965-1974) entre aqueles que residiam em áreas consideradas pobres na cidade de Oakland, Califórnia (EUA), quando comparados àqueles residentes em áreas com melhor situação socioeconômica. No entanto, variáveis censitárias agregadas são consideradas *proxies* limitados de variáveis contextuais referentes aos domínios social ou físico, uma vez que elas são, na verdade, uma soma de variáveis de nível individual<sup>28,29</sup>. Dessa forma, pesquisadores desenvolveram novos métodos e instrumentos para a obtenção de variáveis que refletissem diretamente os constructos de ambiente social e físico, exemplificados pelas variáveis obtidas por SIG, por meio de relatos de percepção do ambiente e através de instrumentos de OSS<sup>30</sup>.

Os SIG são definidos como sistemas computacionais de coleta, edição, integração, visualização e análise de dados georreferenciados, ou seja, dados localizados no espaço por meio de coordenadas de latitude e longitude. Os dados utilizados abrangem tanto o elemento de localização, como as coordenadas geográficas da residência do indivíduo, quanto os atributos deste mesmo indivíduo, como idade, sexo e escolaridade. Ao localizar as pessoas espacialmente e utilizar a cartografia e as análises espaciais, ferramentas SIG são úteis para verificar associações entre exposições ambientais e desfechos em saúde de nível individual<sup>31</sup>.

O relato dos indivíduos sobre características e condições da vizinhança é utilizado para a composição de variáveis de ambiente percebido. Nesse método, são aplicados questionários

---

<sup>24</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13–21, 2007.

<sup>25</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125–145, 2010.

<sup>26</sup> Ibid.

<sup>27</sup> HAAN, Mary; KAPLAN, George A.; CAMACHO, Terry. Poverty and Health: Prospective Evidence from the Alameda County Study. **American Journal of Epidemiology**, v. 185, n. 11, p. 1161–1170, 2017.

<sup>28</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13–21, 2007.

<sup>29</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125–145, 2010.

<sup>30</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13–21, 2007.

<sup>31</sup> GATRELL, Anthony C.; ELLIOTT, Susan J. Quantitative Methods And Geographical Information System (GIS). In: GATRELL, Anthony C.; ELLIOTT, Susan J. **Geographies of Health: An Introduction**. 3. ed. Chichester: Wiley Blackwell, 2015. cap. 3, p. 65-100.

com escalas como opções de resposta para mensurar as condições do ambiente físico e social. As variáveis obtidas são relacionadas a desfechos em saúde através do uso de análises estatísticas tradicionais a nível individual<sup>32</sup>. Um exemplo é o instrumento de avaliação da percepção dos participantes do Estudo Longitudinal de Saúde do Adulto (ELSA-Brasil) sobre características do ambiente físico e social. A partir deste instrumento, foram avaliados os domínios de ambiente propício para a atividade física, disponibilidade de alimentos saudáveis, coesão social, segurança em relação a crimes, violência percebida e vitimização pessoal<sup>33</sup>.

Entretanto, uma limitação do uso de medidas baseadas na percepção do ambiente é a possibilidade de viés de mesma fonte, em que medidas autorrelatadas tanto para a exposição ambiental quanto para o desfecho podem produzir uma associação espúria entre essas variáveis uma vez que o erro de mensuração de ambas é correlacionado ou o desfecho afeta a percepção do ambiente<sup>34</sup>. Nesse sentido, uma alternativa tem sido agregar as variáveis de ambiente percebido em nível contextual por meio do cálculo da média das respostas daqueles que residem em uma mesma localidade, como bairro ou setor censitário, sendo que estes residentes podem tanto ser os próprios participantes da pesquisa, quanto podem constituir uma amostra independente de indivíduos que residem no mesmo local dos participantes da pesquisa, sendo este último caso exemplificado pelo inquérito de ambiente percebido aplicado pelo *Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis* (MESA)<sup>35</sup>.

Por fim, a OSS é um método em que pesquisadores treinados percorrem um segmento de rua e avaliam sistematicamente dimensões pré-estabelecidas do ambiente físico e social, garantindo menor erro de mensuração e, portanto, maior controle de qualidade das informações<sup>36</sup>. Estudos desenvolvem instrumentos específicos para determinar e quantificar as características do ambiente físico e social, como proposto por pesquisadores que avaliaram o ambiente na cidade de Belo Horizonte por meio do preenchimento de instrumento com 215 questões com opções de respostas dicotômicas, em forma de contagem, classificação de qualidade em escala ordinal ou mensuração de extensão de itens<sup>37</sup>.

---

<sup>32</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13–21, 2007.

<sup>33</sup> SANTOS, Simone M. *et al.* Cross-cultural adaptation and reliability of measurements on self-reported neighborhood characteristics in ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 122–130, 2013.

<sup>34</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13–21, 2007.

<sup>35</sup> MUJAHID, Mahasin S. *et al.* Assessing the measurement properties of neighborhood scales: From psychometrics to ecometrics. **American Journal of Epidemiology**, v. 165, n. 8, p. 858–867, 2007

<sup>36</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13–21, 2007.

<sup>37</sup> FREITAS, Eulilian Dias de *et al.* Instrumento para condução de observação social sistemática: Métodos e resultados da concordância interobservadores. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 10, p. 2093–2104, 2013.

Seja qual for sua forma de mensuração, uma variável ambiental deve ser obtida considerando uma unidade territorial de análise, como por exemplo, o entorno de uma escola, do local de trabalho ou a área de moradia. Esta última é também conhecida como vizinhança e tem potencialmente maior relevância para a saúde dos indivíduos<sup>38</sup>. A delimitação da área geográfica da vizinhança não é precisa e pode variar conforme capacidade de caminhada determinada pela faixa etária da população de estudo ou conforme o desfecho em estudo. Esta delimitação pode ser estabelecida a partir da percepção do indivíduo, a partir de áreas administrativas, como os setores censitários, ou a partir de uma área geográfica, como as áreas delimitadas por *buffers*<sup>39</sup>. Ressalta-se que, independentemente da definição de vizinhança adotada, é imprescindível que esta seja realizada com base em um modelo teórico que suporte as hipóteses de relações causais entre as variáveis de exposição ambientais e o desfecho<sup>40</sup>.

Diante do exposto, torna-se essencial que a avaliação da relação do ambiente com processo de saúde-doença seja cuidadosamente conduzida por meio de modelos conceituais que consideram a complexa relação entre características individuais e ambientais bem como os mecanismos de interação e mediação que estão envolvidos nesse processo.

## 2.1 Modelo teórico: determinantes dos fatores de risco cardiometabólicos

As doenças cardiometabólicas, em particular as doenças cardiovasculares e o diabetes, exercem considerável impacto na saúde da população em países de média e baixa renda devido à crescente prevalência e mortalidade precoce<sup>41,42</sup>. Essas doenças compartilham fatores de risco individuais modificáveis, destacando-se a inatividade física, o tabagismo, o consumo excessivo de álcool e a alimentação inadequada. Por sua vez, estes fatores individuais contribuem para o desenvolvimento de distúrbios cardiometabólicos como o sobrepeso, a obesidade, a hipertensão arterial, as dislipidemias e a intolerância à glicose<sup>43</sup>. Acredita-se que o aumento considerável dessas doenças em países de média e baixa renda e também naqueles de alta renda ocorra, principalmente, devido à fragilidade das políticas públicas para promover a saúde, prevenir e

---

<sup>38</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1186, p. 125–145, 2010.

<sup>39</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Investigating neighborhood and area effects on health. *American Journal of Public Health*, v. 91, n. 11, p. 1783–1789, 2001.

<sup>40</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. *Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 1186, p. 125–145, 2010.

<sup>41</sup> MIRANDA, J. Jaime *et al.* Understanding the rise of cardiometabolic diseases in low- and middle-income countries. *Nature Medicine*, v. 25, p. 1667–1679, 2019.

<sup>42</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Noncommunicable diseases*. WHO, 2021.

<sup>43</sup> *Ibid.*

controlar os fatores de risco modificáveis somada à ausência ou insuficiência de recursos sociais e ambientais que favoreçam modos de vida saudáveis, especialmente entre os grupos populacionais e áreas mais vulneráveis<sup>44</sup>.

Na Figura 1, adaptada de Diez-Roux e Mair (2010)<sup>45</sup>; Bilal, Auchincloss e Diez-Roux, 2018<sup>46</sup>; e Markevych *et al.* (2017)<sup>47</sup>, apresenta-se o modelo teórico que mostra a relação entre fatores ambientais e individuais e como estes podem influenciar a ocorrência de fatores de risco cardiometabólicos e doenças cardiometabólicas. A desigualdade na distribuição de recursos reforça condições socioeconômicas da vizinhança adversas que se traduzem e influenciam características do ambiente social e físico, e estes por sua vez podem influenciar um ao outro. Por exemplo, a presença de áreas verdes ou a alta declividade do terreno podem aproximar ou afastar as pessoas, influenciando a coesão social. Além disso, características dos ambientes social e físico podem potencializar experiências individuais, como a exposição ao estresse, que por sua vez poderá influenciar na adoção de comportamentos não saudáveis como via de atenuação do estresse. Adicionalmente, esses fatores ambientais podem atuar ao longo do curso de vida e seus efeitos podem ser acumulados, potencializando o risco de doenças cardiometabólicas.

Fatores individuais, como as características socioeconômicas e condições de saúde, podem atuar como modificadores de efeito, mediadores e confundidores nas associações entre ambiente e saúde. A modificação de efeito pode ser exemplificada pelo fato de que alguns indivíduos podem ter características que os tornam mais vulneráveis às condições adversas do ambiente. A mediação pode ocorrer quando condições socioeconômicas adversas da vizinhança dificultam o acesso à educação e impactam na escolaridade do indivíduo, influenciando a adoção de comportamentos não saudáveis no futuro. Por fim, o confundimento pode ser exemplificado quando a baixa escolaridade está associada, concomitantemente, a maior chance de exposição a um ambiente com condições adversas bem como de desenvolvimento de doenças cardiometabólicas, como o diabetes.

---

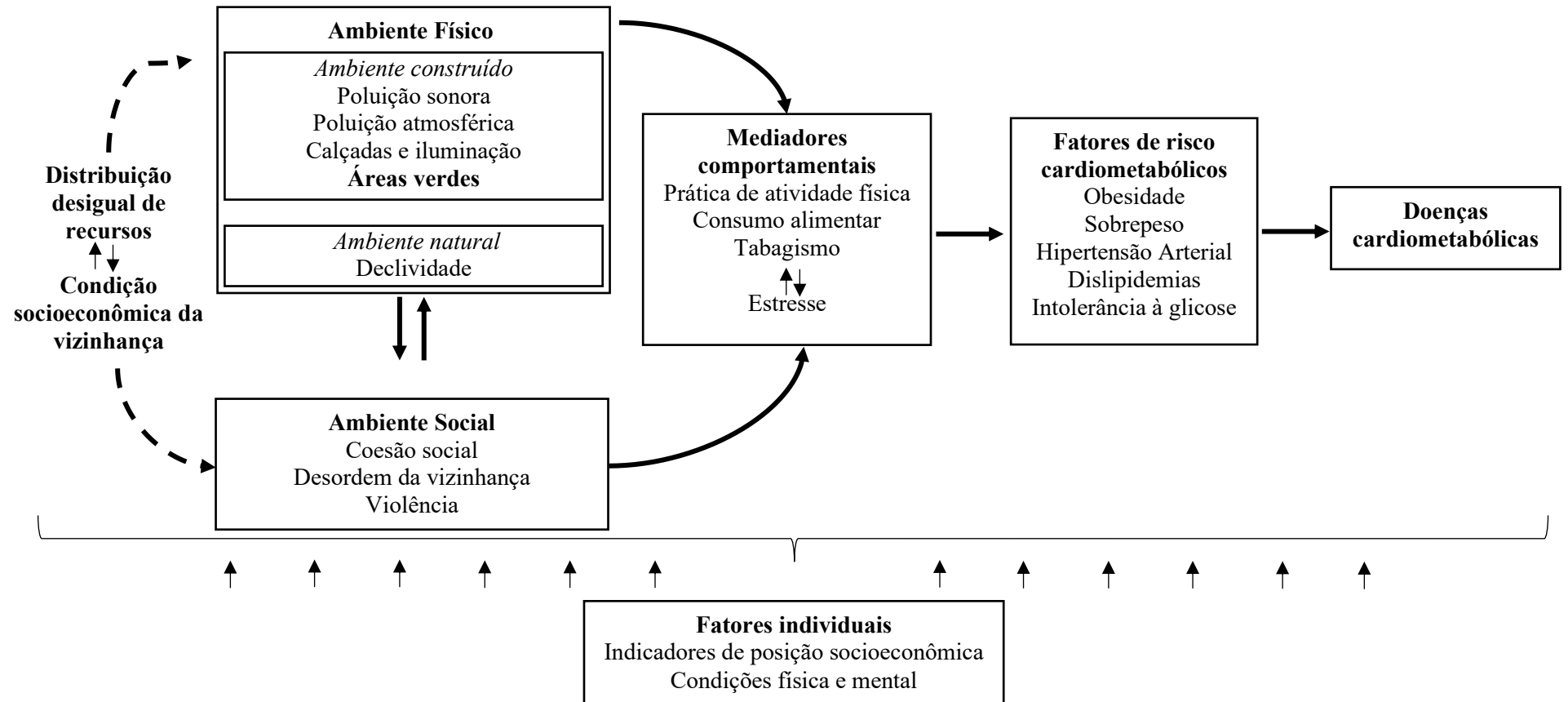
<sup>44</sup> MIRANDA, J. Jaime *et al.* Understanding the rise of cardiometabolic diseases in low- and middle-income countries. **Nature Medicine**, v. 25, p. 1667–1679, 2019.

<sup>45</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125–145, 2010.

<sup>46</sup> BILAL, Usama; AUCHINCLOSS, Amy H.; DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhood Environments and Diabetes Risk and Control. **Current Diabetes Reports**, v. 18, n. 62, p. 1-12, 2018.

<sup>47</sup> MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

Figura 1 – Modelo teórico sobre a relação entre o ambiente urbano e doenças cardiometabólicas.



Adaptado de: Diez-Roux e Mair (2010)<sup>48</sup>; Bilal, Auchincloss e Diez-Roux (2018)<sup>49</sup>; e Markevych *et al.* (2017)<sup>50</sup>

<sup>48</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125–145, 2010.

<sup>49</sup> BILAL, Usama; AUCHINCLOSS, Amy H.; DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhood Environments and Diabetes Risk and Control. **Current Diabetes Reports**, v. 18, n. 62, p. 1-12, 2018.

<sup>50</sup> MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

## 2.2 Características individuais e fatores de risco cardiometabólicos

Há amplo conhecimento sobre a importância de características individuais não modificáveis, como a idade, o sexo e a herança genética no risco cardiometabólico e no desenvolvimento das doenças cardiometabólicas. Da mesma forma, existem consistentes evidências que características individuais modificáveis, como os comportamentos relacionados à saúde e indicadores de posição socioeconômica são associados aos fatores de risco cardiometabólicos e às doenças cardiometabólicas<sup>51,52,53,54</sup>.

A posição socioeconômica dos indivíduos geralmente mensurada por indicadores como escolaridade, ocupação e a renda determinam o acesso aos recursos materiais, cuidados à saúde e exposição ao estresse influenciando o engajamento em comportamentos não saudáveis, como a alimentação inadequada, a inatividade física, o tabagismo e o consumo excessivo de bebidas alcoólicas<sup>55</sup>, e dessa forma, as doenças cardiometabólicas e seus fatores de risco cardiometabólicos.

O consumo calórico excessivo e alimentação inadequada, caracterizada tanto pelo baixo consumo de frutas, hortaliças, cereais integrais e peixes, quanto pelo alto consumo de gordura saturada, gordura *trans*, sal, bebidas açucaradas, carnes vermelhas e embutidos, podem levar à obesidade, aumento da pressão arterial, níveis elevados de glicose e lipídios, e conseqüentemente ao surgimento de doenças cardiovasculares e de diabetes<sup>56,57,58</sup>. Paralelamente, a inatividade física é reconhecida como um dos principais fatores de risco para a obesidade e doenças cardiometabólicas, contribuindo com 27% dos casos de diabetes e aproximadamente 30% dos casos de doença isquêmica do coração<sup>59</sup>.

O tabagismo influencia o desenvolvimento da aterogênese, diminui a função vasodilatadora, possui efeito pró-trombótico, aumenta a chance de acúmulo de gordura na

---

<sup>51</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cardiovascular diseases (CVDs)**. WHO, 2021.

<sup>52</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noncommunicable diseases**. WHO, 2021.

<sup>53</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diabetes**. WHO, 2021.

<sup>54</sup> ALLEN, Luke *et al.* Socioeconomic status and non-communicable disease behavioural risk factors in low-income and lower-middle-income countries: a systematic review. **The Lancet Global Health**, v. 5, n. 3, p. e277–e289, 2017.

<sup>55</sup> *Ibid.*

<sup>56</sup> NEUENSCHWANDER, Manuela *et al.* Role of diet in type 2 diabetes incidence: Umbrella review of meta-analyses of prospective observational studies. **The BMJ**, v. 366, n. 12368, 2019.

<sup>57</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The Atlas of Heart Disease and Stroke**. Geneva: WHO, 2004.

<sup>58</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Atlas on Cardiovascular Disease Prevention And Control: Policies, Strategies and Interventions**. Geneva: WHO, 2011.

<sup>59</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks**. Geneva: WHO, 2009.

região abdominal e favorece a resistência insulínica<sup>60,61</sup>. Por fim, sugere-se que o consumo excessivo de bebida alcoólica, mas não o consumo leve ou moderado, esteja longitudinalmente associado ao ganho de peso<sup>62</sup>.

Apesar da importância dos fatores individuais na etiologia das doenças cardiometabólicas, a baixa efetividade de intervenções à nível individual para a adoção de comportamentos de saúde adequados tem indicado a necessidade de se considerar também o papel do ambiente como um fator importante para moldar o risco cardiometabólico.

## 2.3 O ambiente urbano, atividade física e fatores de risco cardiometabólicos

### 2.3.1 Ambiente social

As características do ambiente social da vizinhança são dimensões coletivas relativas às estruturas sociais que atuam como recursos que favorecem maior coesão social expressa em relações sociais de confiança e normas de reciprocidade e ausência de conflitos<sup>63</sup>. Dentre essas dimensões, as que mais têm sido associadas às condições de saúde dos indivíduos, especialmente em relação à prática de atividade física e aos fatores de risco cardiometabólicos, são a coesão social, a desordem da vizinhança e a violência comunitária<sup>64,65,66</sup>.

A coesão social pode ser compreendida como a presença de laços sociais fortes, mensurados a partir dos níveis de confiança mútua, normas sociais e reciprocidade<sup>67</sup>. Há algumas evidências de que a maior coesão social associa-se à adoção de comportamentos saudáveis como a prática e atividade física, a diminuição do tabagismo e o menor consumo de álcool. Acredita-se que esses comportamentos sejam estimulados pelo envolvimento social, apoio social e transmissão de informações e normas compartilhadas no contexto em que os

<sup>60</sup> AMBROSE, John A.; BARUA, Rajat S. The pathophysiology of cigarette smoking and cardiovascular disease: An update. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 43, n. 10, p. 1731–1737, 2004.

<sup>61</sup> ZHENG, Yan; LEY, Sylvia H.; HU, Frank B. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 14, n. 2, p. 88–98, 2018.

<sup>62</sup> TRAVERSY, Gregory; CHAPUT, Jean-Philippe. Alcohol Consumption and Obesity: An Update. **Current Obesity Reports**, v. 4, n.1, p. 122-130, 2015.

<sup>63</sup> RAUDENBUSH, Stephen W. The Quantitative Assessment of Neighborhood Social Environments. In: KAWACHI, Ichiro; BERKMAN, Lisa F. **Neighborhoods and Health**. New York: Oxford University Press; 2003. cap.5, p. 112–131.

<sup>64</sup> BILAL, Usama; AUCHINCLOSS, Amy H.; DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhood Environments and Diabetes Risk and Control. **Current Diabetes Reports**, v. 18, n. 62, p. 1-12, 2018.

<sup>65</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Residential Environments and Cardiovascular Risk. **Journal of Urban Health**, v. 80, n. 4, p. 569–589, 2003

<sup>66</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125–145, 2010.

<sup>67</sup> KAWACHI, Ichiro; BERKMAN, Lisa F. Social Capital, Social Cohesion, and Health. In: BERKMAN, Lisa F.; KAWACHI, Ichiro. **Social Epidemiology**. New York: Oxford University Press, 2014. cap. 8, p. 290-319.

indivíduos estão inseridos<sup>68,69,70</sup>. Uma revisão sistemática de literatura com estudos transversais encontrou que, na maioria dos estudos incluídos, a maior coesão social associou-se a menor chance de sobrepeso e obesidade, mas apenas um estudo transversal indicou associação entre a maior coesão social e a menor chance de hipertensão arterial<sup>71</sup>. Em uma análise seccional, a alta coesão social da vizinhança associou-se à maior chance de praticar atividade física por mais de 150 minutos/semana entre adultos residentes em ilhas do Pacífico<sup>72</sup>.

A desordem da vizinhança é compreendida como ausência de segurança e controle para a manutenção da convivência pacífica na comunidade. É definida como qualquer evidência de condições sociais ou físicas inadequadas, como presença de pessoas embriagadas, de pichações ou de prédios abandonados ou em más condições estruturais<sup>73</sup>. A literatura sugere que a presença de desordem induz os indivíduos a violar normas e a adotar comportamentos de risco como uso de drogas e álcool. Adicionalmente, a percepção de insegurança influenciaria menor permanência fora de casa e menor prática de atividade física, além de favorecer o estresse, contribuindo para o comprometimento da saúde. Em metanálise de estudos longitudinais e transversais, encontrou-se que a maior percepção de desordem social é um fator de risco para o uso/abuso de álcool e outras drogas. Porém, não foi encontrada associação entre desordem social e atividade física e obesidade<sup>74</sup>.

A violência comunitária também se configura como um componente do ambiente social associado a desfechos em saúde. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a violência comunitária pode ser compreendida como aquela que ocorre no ambiente social em geral, entre conhecidos ou desconhecidos<sup>75</sup>. Existem algumas características do ambiente que podem aumentar o risco de violência em uma comunidade, como desigualdade social, alta densidade populacional, desordem física e social, tráfico de drogas e alta densidade de

<sup>68</sup> DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125–145, 2010.

<sup>69</sup> RODGERS, Justin *et al.* Social capital and physical health: An updated review of the literature for 2007–2018. **Social Science and Medicine**, v. 236, n. 112360, 2019.

<sup>70</sup> JENNINGS, Viniece; BAMKOLE, Omoshalewa. The relationship between social cohesion and urban green space: An avenue for health promotion. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 452, 2019.

<sup>71</sup> RODGERS, Justin *et al.* Social capital and physical health: An updated review of the literature for 2007–2018. **Social Science and Medicine**, v. 236, n. 112360, 2019.

<sup>72</sup> WANG, Monica L. *et al.* Neighborhood social cohesion and physical activity and obesity outcomes among Native Hawaiian and Pacific Islander individuals. **Obesity**, v. 30, n.1, p. 249–256, 2022.

<sup>73</sup> RAUDENBUSH, Stephen W. The Quantitative Assessment of Neighborhood Social Environments. *In*: KAWACHI, Ichiro; BERKMAN, Lisa F. **Neighborhoods and Health**. New York: Oxford University Press; 2003. cap. 5, p. 112–131.

<sup>74</sup> O'BRIEN, Daniel T.; FARRELL, Chelsea; WELSH, Brandon C. Broken (windows) theory: A meta-analysis of the evidence for the pathways from neighborhood disorder to resident health outcomes and behaviors. **Social Science and Medicine**, v. 228, p. 272–292, 2019.

<sup>75</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World report on violence and health**. Geneva: WHO, 2002.

estabelecimentos de venda de bebidas alcoólicas<sup>76,77</sup>. Acredita-se que a exposição constante à violência pode levar ao estresse crônico, que por sua vez pode contribuir para a adoção de comportamentos não saudáveis, como a inatividade física<sup>78,79</sup>. Além disso, a violência pode causar sensação de insegurança e reduzir a prática de atividade física, contribuindo para o aumento da prevalência de sobrepeso e obesidade na população<sup>80,81,82</sup>.

### 2.3.2 Ambiente físico

#### 2.3.2.1 Ambiente construído

A urbanização e a industrialização têm contribuído para o aumento dos níveis de poluição atmosférica e grande parte da população urbana está exposta a um nível de qualidade do ar abaixo do preconizado pela OMS<sup>83</sup>. Uma metanálise recente de estudos de coorte encontrou que o aumento da exposição acima de 30 dias a material particulado com diâmetro  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  (MP<sub>2,5</sub>), a dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e a ozônio (O<sub>3</sub>) associou-se ao maior risco de desenvolver hipertensão arterial entre adultos<sup>84</sup>. Sugere-se que o estresse oxidativo, somado à inflamação sistêmica e aos danos no endotélio, pode contribuir para o desenvolvimento de hipertensão arterial. Ainda, a poluição atmosférica pode desencorajar a prática de atividade e favorecer o menor gasto energético e conseqüentemente o ganho de peso<sup>85,86</sup>.

Pessoas que residem em grandes cidades também estão expostas à poluição sonora, definida como altos níveis de ruídos geralmente causados pelos meios de transporte urbano

<sup>76</sup> KONDO, Michelle C. *et al.* Neighborhood Interventions to Reduce Violence. **Annual Review of Public Health**, v. 39, p. 253–271, 2018.

<sup>77</sup> KAWACHI, Ichiro; SUBRAMANIAN, S. V. Income Inequality. *In*: BERKMAN, Lisa F.; KAWACHI, Ichiro; Glymour, M. Maria. **Social Epidemiology**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2014. cap. 4, p. 126–152.

<sup>78</sup> STULTS-KOLEHMAINEN, Matthew A; SINHA, Rajita. The effects of stress on physical activity and exercise. **Sports Medicine**, v. 44, n.1, p. 81–121, 2014.

<sup>79</sup> SUGLIA, Shakira F. *et al.* Why the Neighborhood Social Environment Is Critical in Obesity Prevention. **Journal of Urban Health**, v. 93, n. 1, p. 206–212, 2016.

<sup>80</sup> *Ibid.*

<sup>81</sup> KÄRMENIEMI, Mikko *et al.* The Built Environment as a Determinant of Physical Activity: A Systematic Review of Longitudinal Studies and Natural Experiments. **Annals of Behavioral Medicine**, v. 52, p. 239–251, 2018.

<sup>82</sup> MENDES, Larissa Loures *et al.* Individual and environmental factors associated for overweight in urban population of Brazil. **BMC public health**, v. 13, 988, 2013.

<sup>83</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ambient air quality database**. Geneva: WHO, 2022.

<sup>84</sup> QIN, Pei *et al.* Long-term association of ambient air pollution and hypertension in adults and in children: A systematic review and meta-analysis. **The Science of the total environment**, v. 796, 148620, 2021.

<sup>85</sup> *Ibid.*

<sup>86</sup> AN, Ruopeng *et al.* Impact of ambient air pollution on obesity: a systematic review. **International Journal of Obesity**, v. 42, n. 6, p. 1112–1126, 2018.

rodoviário, ferroviário e aéreo. A poluição sonora pode contribuir para o estresse e distúrbios do sono, levando a alterações crônicas do sistema nervoso autônomo e do sistema endócrino e consequentemente a respostas oxidativas, inflamatórias ou imunes associadas a alterações cardiometabólicas<sup>87</sup>. De fato, metanálise de estudos longitudinais indicou que a exposição à poluição sonora, tanto no ambiente de trabalho quanto no ambiente residencial, associou-se consistentemente ao maior risco de desenvolvimento de hipertensão arterial<sup>88</sup>. Um estudo prospectivo identificou que a exposição prolongada (5 anos anteriores à linha de base) a ruídos de transporte rodoviário no entorno residencial de adultos suíços associou-se à maior incidência de obesidade em oito anos de seguimento<sup>89</sup>.

A disponibilidade e o acesso a equipamentos públicos ou privados para a prática de atividade física na vizinhança são associados a desfechos em saúde. Revisão sistemática de estudos longitudinais e experimentais observou que a construção ou melhoria de parques, *playgrounds* e de pistas para caminhada e de ciclismo promovem o aumento da prática de atividade física no lazer ou para o deslocamento<sup>90</sup>. Uma revisão de escopo indicou que 55% das revisões de literatura que avaliaram a relação do ambiente com o estado nutricional encontraram que a maior disponibilidade de parque e *playgrounds* associou-se ao *status* de menor peso<sup>91</sup>.

Os estudos têm avaliado separadamente algumas estruturas que possivelmente motivam a prática de atividade física, como por exemplo, a disponibilidade e qualidade das calçadas e iluminação pública. Uma revisão sistemática de estudos transversais conduzidos majoritariamente nos Estados Unidos e países de renda alta encontrou associações consistentes entre a disponibilidade de calçadas e iluminação pública e a maior chance de prática de atividade física em parques<sup>92</sup>. Da mesma forma, uma revisão de escopo evidenciou que, entre os estudos de revisão avaliados, 50% encontrou associações diretas entre a maior disponibilidade de calçadas e a prática de atividade física<sup>93</sup>.

---

<sup>87</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Biological mechanisms related to cardiovascular and metabolic effects by environmental noise**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018. (Technical Report Series).

<sup>88</sup> CHEN, Fan *et al.* Impact of exposure to noise on the risk of hypertension: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. **Environmental Research**, v. 195, 110813, 2021.

<sup>89</sup> FORASTER, Maria *et al.* Long-term exposure to transportation noise and its association with adiposity markers and development of obesity. **Environment International**, v. 121, n. 1, p. 879-889, 2018.

<sup>90</sup> KÄRMENIEMI, Mikko *et al.* The Built Environment as a Determinant of Physical Activity: A Systematic Review of Longitudinal Studies and Natural Experiments. **Annals of Behavioral Medicine**, v. 52, p. 239–251, 2018.

<sup>91</sup> DIXON, Brittny N *et al.* Associations between the built environment and dietary intake, physical activity, and obesity: A scoping review of reviews. **Obesity Reviews**, v. 22, n.4, e13171, 2021.

<sup>92</sup> ZHANG, Ru *et al.* Associations between the physical environment and park-based physical activity: A systematic review. **Journal of Sport and Health Science**, v. 8, n. 5, p. 412-421, 2019.

<sup>93</sup> DIXON, Brittny N *et al.* Associations between the built environment and dietary intake, physical activity, and obesity: A scoping review of reviews. **Obesity Reviews**, v. 22, n.4, e13171, 2021.

### 2.3.2.2 *Ambiente natural*

A declividade, compreendida como a medida de inclinação de um terreno, é um componente do ambiente natural considerado como um dos fatores que podem atuar como uma barreira à prática de atividade física, tanto no lazer como para o deslocamento, e dessa forma, contribuir para a pior saúde cardiometabólica. Wu *et al.* (2019)<sup>94</sup> encontraram associação negativa entre a percepção de alta declividade nas calçadas e a prática de atividade física no lazer entre idosos chineses. Gómez *et al.* (2010)<sup>95</sup> evidenciaram menor chance de prática de caminhada por  $\geq 60$  minutos/semana entre aqueles idosos que residiam em vizinhanças com declividade  $\geq 5\%$ . Da mesma forma, um estudo brasileiro encontrou que, entre os adultos que residiam em locais de maior declividade, houve maior chance de relatar comportamento sedentário para o deslocamento e para atividades de lazer<sup>96</sup>.

### 2.3.3. *Ambiente socioeconômico*

A condição socioeconômica da vizinhança tem sido geralmente obtida a partir da agregação de dados censitários por unidade administrativa, como por exemplo, renda domiciliar *per capita* média de moradores de uma determinada vizinhança ou percentual de moradores com renda baixa<sup>97</sup>. Mesmo sendo obtida a partir de dados em nível de indivíduo, a condição socioeconômica da vizinhança é um indicador das condições de vida das pessoas não captadas por medidas individuais, sendo considerada marcador das condições gerais de moradia, sejam elas sociais ou relacionadas à infraestrutura<sup>98</sup>. Portanto, o contexto socioeconômico da vizinhança pode afetar a saúde por meio de processos que operam independentemente da condição socioeconômica de nível individual<sup>99</sup>.

Na realidade, a condição socioeconômica da vizinhança é um indicador distal de um conjunto de desvantagens tanto no ambiente físico construído como no ambiente natural e

<sup>94</sup> WU, Zhi Jian *et al.* Influence of the built environment of Nanjing's Urban Community on the leisure physical activity of the elderly: An empirical study. **BMC Public Health**, v. 19, n. 1459, 2019.

<sup>95</sup> GÓMEZ, Luis F. *et al.* Built Environment Attributes and Walking Patterns Among the Elderly Population in Bogotá. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 38, n. 6, p. 592–599, 2010.

<sup>96</sup> CAFRUNI, Cristina Borges *et al.* Neighbourhood environment and transport-related and leisure-time sedentary behaviour amongst women in a city in Southern Brazil: a multilevel analysis. **International Journal of Public Health**, v. 64, n. 4, p. 511-522, 2019.

<sup>97</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13–21, 2007.

<sup>98</sup> BILAL, Usama; AUCHINCLOSS, Amy H.; DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhood Environments and Diabetes Risk and Control. **Current Diabetes Reports**, v. 18, n. 62, p. 1-12, 2018.

<sup>99</sup> ADLER, Nancy E.; STEWART, Judith. Health disparities across the lifespan: meaning, methods, and mechanisms. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 5-23, 2010.

social. As vizinhanças em favelas são um bom exemplo desta combinação de desvantagens no ambiente físico construído e natural. Revisão sistemática de estudos europeus, majoritariamente de delineamento ecológico, encontrou que áreas em maior privação socioeconômica tinham menor disponibilidade de áreas verdes<sup>100</sup>. Adicionalmente, estudo ecológico conduzido com dados censitários brasileiros de 2010 indicou que, em setores de menor renda *per capita*, com maioria da população negra ou de menor escolaridade, também havia menor quantidade de ruas pavimentadas, calçadas, iluminação pública, arborização, bueiros e rampas de acesso para cadeirantes<sup>101</sup>.

Portanto, vizinhanças em maior desvantagem socioeconômica podem limitar o engajamento em comportamentos saudáveis. A motivação para praticar atividade física, por exemplo, pode ser comprometida pelo entorno residencial sem ambiência propícia. Além disso, a exposição a experiências estressantes relacionadas à moradia em áreas em desvantagem socioeconômica, como a violência e discriminação, pode desencadear o estresse crônico que ao longo do tempo contribui para o início e progressão de doenças crônicas e seus comportamentos de risco<sup>102,103</sup>.

Em consonância com a teoria eco-epidemiológica<sup>104</sup> e o modelo teórico proposto por Bilal, Auchincloss e Diez-Roux, há evidências sobre a associação entre a pior condição socioeconômica da vizinhança e a maior incidência, prevalência e menor controle do diabetes<sup>105</sup>, assim como maior prevalência, incidência e mortalidade por doenças cardiovasculares independentemente dos fatores socioeconômicos individuais<sup>106</sup>. Estudo longitudinal indicou que indivíduos moradores de vizinhanças no maior tercil de índice de privação social tiveram maior incidência de hipertensão arterial em aproximadamente sete anos de seguimento<sup>107</sup>. Além disso, metanálise de estudos transversais indicou que indivíduos

---

<sup>100</sup> SCHÜLE, Steffen Andreas *et al.* Social Inequalities in Environmental Resources of Green and Blue Spaces: A Review of Evidence in the WHO European Region. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n.7, 1216, 2019.

<sup>101</sup> BOING, Antonio Fernando; BOING, Alexandra Crispim; SUBRAMANIAN, S. V. Inequalities in the access to healthy urban structure and housing: an analysis of the Brazilian census data. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n.6, e00233119. 25, 2021.

<sup>102</sup> BRAVEMAN, Paula A.; EGERTER, Susan A.; MOCKENHAUPT, Robin E. Broadening the focus: the need to address the social determinants of health. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 40, n.1, Suppl 1, p. S4-S18, 2011.

<sup>103</sup> ADLER, Nancy E.; STEWART, Judith. Health disparities across the lifespan: meaning, methods, and mechanisms. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 5-23, 2010.

<sup>104</sup> SUSSER, Mervyn; SUSSER, Ezra. Choosing a future for epidemiology: II. From black box to Chinese boxes and eco-epidemiology. **American Journal of Public Health**, v. 86, n. 5, p. 674-677, 1996.

<sup>105</sup> BILAL, Usama; AUCHINCLOSS, Amy H.; DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhood Environments and Diabetes Risk and Control. **Current Diabetes Reports**, v. 18, n. 62, p. 1-12, 2018.

<sup>106</sup> DIEZ-ROUX, Ana V. Residential Environments and Cardiovascular Risk. **Journal of Urban Health**, v. 80, n. 4, p. 569-589, 2003.

<sup>107</sup> CLAUDEL, Sophie E. *et al.* Association between Neighborhood-level Socioeconomic Deprivation and

moradores de vizinhanças com baixa condição socioeconômica tinham maior chance de obesidade<sup>108</sup>.

## 2.4 Áreas verdes, atividade física e fatores de risco cardiometabólicos

Áreas verdes são objeto recente dos estudos, com um rápido aumento no número de publicações a partir do ano de 2008. Essas publicações têm sido realizadas em áreas do conhecimento como arquitetura e urbanismo, saúde coletiva, ciências agrárias, sociologia e economia. Juntamente com esta diversidade, ocorre a falta de consenso e uma grande variedade de definições e formas de mensuração das áreas verdes<sup>109</sup>.

Utilizando os termos “*green space*”, “*greenspace*”, “*greenness exposure*”, “*green area*”, “*open green space*”, “*greenery*”, “*public green space/greenspace*” e “*urban green space/greenspace*”, artigos internacionais de revistas multidisciplinares ou da área da saúde têm definido áreas verdes como quaisquer locais urbanos com presença de algum tipo de vegetação, incluindo parques, praças, jardins, zoológicos, espaços abertos, árvores nas ruas, em canteiros ou em calçadas<sup>110</sup>. Em consonância, a OMS reconhece que não há uma definição universalmente estabelecida e ressalta que há necessidade de levar em consideração a população de estudo e os mecanismos que explicam a relação entre as áreas verdes e os desfechos em saúde<sup>111</sup>.

Diferentes formas de mensuração também têm sido adotadas, tais como o uso de ferramentas de SIG para calcular a presença, a densidade ou a distância até as áreas verdes, o uso de questionários para avaliar a percepção do indivíduo sobre a presença, a qualidade, o acesso e a segurança das áreas verdes ou o cálculo de índices de vegetação ou obtenção de dados de cobertura vegetal a partir de imagens de satélite<sup>112,113,114</sup>. Entre os índices de

---

Incident Hypertension: A Longitudinal Analysis of Data from the Dallas Heart Study. **American Heart Journal**, v. 204, p. 109–118, 2018.

<sup>108</sup> MOHAMMED, Shimels Hussien *et al.* Neighbourhood socioeconomic status and overweight/obesity: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. **BMJ Open**, v. 9, p. e028238, 2019.

<sup>109</sup> TAYLOR, Lucy; HOCHULI, Dieter F. Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. **Landscape and Urban Planning**, v. 158, p. 25–38, 2017

<sup>110</sup> Ibid.

<sup>111</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Urban green spaces and health**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2016.

<sup>112</sup> JAMES, Peter *et al.* A Review of the Health Benefits of Greenness. **Current Epidemiology Reports**, v. 2, n. 2, p. 131–142, 2015.

<sup>113</sup> MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

<sup>114</sup> TWOHIG-BENNETT, Caoimhe; JONES, Andy. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. **Environmental Research**, v. 166, p. 628–637, 2018.

vegetação, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*), o qual expressa a quantidade de vegetação em uma área específica e tem sido a medida mais frequentemente utilizada em estudos epidemiológicos, apresentando correlação alta com escores de avaliação subjetiva da quantidade de vegetação do entorno residencial<sup>115,116</sup>.

As áreas verdes podem proporcionar um ambiente favorável à prática de atividade física, especialmente ao ar livre. Revisões sistemáticas de literatura conduzidas majoritariamente com estudos transversais de países de renda alta já vinham indicando haver associação da maior quantidade de áreas verdes ou da maior proximidade a elas com a maior chance de prática de atividade física entre adultos<sup>117,118</sup>. Da mesma forma, uma revisão sistemática de estudos longitudinais indicou que cinco dos 13 estudos avaliados encontraram associação estatisticamente significativa entre a maior exposição às áreas verdes e o aumento na prática de atividade física entre adultos<sup>119</sup>.

A respeito das associações longitudinais entre áreas verdes e prática de atividade física, nota-se que estudos encontram associação tanto com o engajamento quanto com a manutenção dessa prática ao longo do tempo. Alguns experimentos naturais têm evidenciado que a construção de vias arborizadas está associada ao aumento da prática de atividade física moderada/vigorosa autorrelatada entre adultos no período pós-intervenção<sup>120,121</sup>. Já alguns estudos de coorte evidenciaram que a exposição à maior quantidade de áreas verdes da

---

<sup>115</sup> RHEW, Isaac C. *et al.* Validation of the Normalized Difference Vegetation Index as a measure of neighborhood greenness. **Annals of Epidemiology**, v. 21, n. 12, p. 946–952, 2011.

<sup>116</sup> KONDO, Michelle C. *et al.* Urban green space and its impact on human health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 3, 2018.

<sup>117</sup> JAMES, Peter *et al.* A Review of the Health Benefits of Greenness. **Current Epidemiology Reports**, v. 2, n. 2, p. 131–142, 2015.

<sup>118</sup> FONG, Kelvin C; HART, Jamie E.; JAMES, Peter. A Review of Epidemiologic Studies on Greenness and Health: Updated Literature Through 2017. **Current Environmental Health Reports**, v. 5, p. 77–87, 2015.

<sup>119</sup> GENESHKA, Mariya *et al.* Relationship between green and blue spaces with mental and physical health: A systematic review of longitudinal observational studies. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, 2021.

<sup>120</sup> XIE, Bo *et al.* Casual evaluation of the effects of a large-scale greenway intervention on physical and mental health: A natural experimental study in China. **Health & Place**, v. 67, 102502, 2022.

<sup>121</sup> FRANK, Lawrence D.; HONG, Andy; NGO, Victor Douglas. Causal evaluation of urban greenway retrofit: A longitudinal study on physical activity and sedentary behavior. **Preventive Medicine**, v. 123, p. 109–116, 2019.

vizinhança associou-se à manutenção da prática de atividade física entre adultos<sup>122,123,124</sup>, porém sem significância estatística para associações longitudinais das áreas verdes com o engajamento na prática de atividade física<sup>125,126</sup>.

Tais resultados parecem indicar que as áreas verdes contribuem para o estímulo à manutenção da prática de atividade física entre aqueles já ativos. Já a adesão a esta prática pode envolver tanto intervenções com aumento das áreas verdes quanto fatores a nível individual e do ambiente social e político<sup>127,128</sup>. De acordo com Sugiyama (2012), o engajamento na prática de atividade física envolve, inicialmente, fatores psicossociais como motivação, além do conhecimento sobre a importância da atividade física para a saúde e da exposição a campanhas de estímulo a esta prática. Para aqueles já engajados, o acesso e a disponibilidade de infraestrutura, como parques, praças, calçadas ou ciclovias, contribuem para que tais indivíduos mantenham-se ativos ao longo do tempo<sup>129</sup>.

Também, a maior exposição a áreas verdes tem sido associada a menor frequência de fatores de risco cardiometabólicos, como o sobrepeso/obesidade, dislipidemia, alterações em níveis de glicose e hipertensão arterial. Metanálise conduzida com um estudo longitudinal e cinco estudos transversais encontrou que a maior quantidade de áreas verdes, mensurada pelo NDVI, foi associada a 12% menor chance de sobrepeso/obesidade (OR: 0,88; IC 95%: 0,84–0,91) em crianças e adultos<sup>130</sup>. Uma revisão sistemática de estudos transversais desenvolvidos em países de alta renda indicou que adultos que residiam mais próximos de áreas verdes tinham menor chance de sobrepeso e obesidade<sup>131</sup>.

---

<sup>122</sup> GENESHKA, Mariya *et al.* Relationship between green and blue spaces with mental and physical health: A systematic review of longitudinal observational studies. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, 2021.

<sup>123</sup> FAERSTEIN, Eduardo *et al.* Associations of neighborhood socioeconomic, natural and built environmental characteristics with a 13-year trajectory of non-work physical activity among civil servants in Rio de Janeiro, Brazil: The Pro-Saude Study. **Health & Place**, v. 53, p. 110–116, 2018.

<sup>124</sup> SUGIYAMA, Takemi *et al.* Initiating and maintaining recreational walking: a longitudinal study on the influence of neighborhood green space. **Preventive Medicine**, v. 57, n.3, p.178-82, 2013.

<sup>125</sup> CHONG, S. *et al.* Neighbourhood greenspace and physical activity and sedentary behaviour among older adults with a recent diagnosis of type 2 diabetes: A prospective analysis. **BMJ Open**, v. 9, n. 11, e028947, 2019.

<sup>126</sup> PERSSON, Å. *et al.* Is moving to a greener or less green area followed by changes in physical activity? **Health Place**, v. 57, p. 165–70, 2019. DOI: 10.1016/j.healthplace.2019.04.006

<sup>127</sup> SALLIS, J. F. *et al.* The Role of Built Environments in Physical Activity, Obesity, and CVD. **Circulation**, v. 125, n. 5, p. 729–737, 2012.

<sup>128</sup> SUGIYAMA, T. The Built Environment and Physical Activity Behaviour Change: New Directions for Research? **Res Exerc Epidemiol**, v. 14, n. 2, p. 118–124, 2012.

<sup>129</sup> *Ibid.*

<sup>130</sup> LUO, Y.-N. *et al.* Greenspace with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies up to 2020. **Obesity Reviews**, v. 21, p. 1–28, 2020.

<sup>131</sup> FUENTE, Felipe De La *et al.* Green Space Exposure Association with Type 2 Diabetes Mellitus, Physical Activity, and Obesity: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and**

A relação das áreas verdes com marcadores cardiometabólicos também tem sido avaliada. Estudos de delineamento transversal e longitudinal indicam que o aumento da quantidade de áreas verdes no entorno residencial tem sido associado à menor prevalência ou risco de hiperlipidemias em populações adultas da Europa e Ásia, respectivamente<sup>132,133</sup>. Também, estudo transversal conduzido com uma grande amostra de adultos chineses encontrou que o aumento das áreas verdes associou-se a menores níveis de glicemia de jejum e pós-prandial, bem como menores níveis de insulina<sup>134</sup>.

Estudo de metanálise recente com inclusão de estudos transversais indicou que a quantidade de áreas verdes no entorno residencial foi associada a menores níveis pressóricos. O aumento das áreas verdes, mensurado pela variação de 0,1 unidade de NDVI no entorno residencial de 500 metros, foi associado a uma redução média de 0,77 mmHg na pressão arterial sistólica e de 0,32 mmHg na pressão arterial diastólica. Além disso, o aumento de 0,1 NDVI associou-se a uma redução entre 2 a 9% na chance de hipertensão arterial, dependendo do tamanho do *buffer* avaliado<sup>135</sup>.

Pesquisas de delineamento transversal conduzidas no Brasil também avaliaram a associação entre áreas verdes, prática de atividade física e saúde cardiometabólica. Estudos realizados com adultos residentes nas em duas capitais, Rio de Janeiro e São Paulo, encontraram que a maior quantidade de parques, praças e jardins na área residencial associou-se a maior prática de atividade física no lazer, após ajuste por variáveis individuais e região de moradia<sup>136,137</sup>. Araújo e colaboradores avaliaram a relação da presença de áreas verdes no setor censitário com obesidade geral e abdominal entre idosos residentes em Florianópolis, mas não encontraram associações estatisticamente significantes após ajuste por variáveis individuais<sup>138</sup>.

---

**Public Health**, v. 18, 97, 2021

<sup>132</sup> KEIJZER, Carmen *et al.* Long-term exposure to greenspace and metabolic syndrome: A Whitehall II study. **Environmental Pollution**, v. 255, n. 113231, 2019

<sup>133</sup> YANG, Bo Yi *et al.* Residential greenness and blood lipids in urban-dwelling adults: The 33 Communities Chinese Health Study. **Environmental Pollution**, v. 250, p. 14–22, 2019.

<sup>134</sup> YANG, Bo-Yi *et al.* Associations of greenness with diabetes mellitus and glucose-homeostasis markers: The 33 Communities Chinese Health Study. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 222, n.2, p. 283-290, 2019.

<sup>135</sup> ZHAO, Yu *et al.* Association between greenspace and blood pressure: A systematic review and meta-analysis. **The Science of the Total Environment**, v. 817, 152513, 2022.

<sup>136</sup> FLORINDO, Alex Antônio et al. Public Open Spaces and Leisure-Time Walking in Brazilian Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 6, 553, 2017.

<sup>137</sup> BOCLIN, Karine de Lima Sírío; FAERSTEIN, Eduardo, de LEON, Antônio Carlos Monteiro Ponce. Características contextuais de vizinhança e atividade física de lazer: Estudo Pró-Saúde. **Revista de Saúde Pública**, v.48, n.2, p.249-257, 2014.

<sup>138</sup> ARAÚJO, Carolina Abreu Henn de et al. Ambiente construído, renda contextual e obesidade em idosos: evidências de um estudo de base populacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 5, 2018.

Análise transversal conduzida com participantes do ELSA-Brasil residentes na cidade de São Paulo indicou que o aumento de 10.000 árvores em ruas, calçadas ou rotatórias na região administrativa de residência associou-se a aproximadamente 4% menor chance de hipertensão arterial. Além disso, esse mesmo estudo encontrou que a presença de parques em até 1 Km de distância da residência associou-se a 12% menor chance de hipertensão arterial<sup>139</sup>. Já um estudo ecológico conduzido na cidade do Rio de Janeiro encontrou uma redução da taxa de mortalidade por doenças isquêmicas do coração em 6,7% e por doenças cerebrovasculares em 4,7% nos setores censitários mais verdes (acima do terceiro quartil de NDVI) em comparação aos de menor quantidade de áreas verdes<sup>140</sup>.

A literatura mostra que o benefício das áreas verdes sobre os eventos de saúde pode variar segundo alguns atributos do indivíduo ou da vizinhança. A direção e a força de associação entre variáveis de exposição a áreas verdes e desfechos em saúde podem variar em homens e mulheres. Estudos que investigaram interação entre áreas verdes e sexo encontraram associação entre maior quantidade de áreas verdes e menor aumento de circunferência da cintura ao longo de nove anos apenas entre as mulheres<sup>141</sup>. Por outro lado, a associação inversa das áreas verdes com a menor mortalidade cardiovascular foi encontrada apenas entre os homens<sup>142</sup>. Diferenças na utilização dos espaços verdes entre homens e mulheres podem justificar esses resultados. A baixa qualidade e a insegurança de áreas verdes, como a presença de desordem social e sinais de violência são características que reduzem o uso desses locais principalmente pelas mulheres e crianças<sup>143</sup>.

A condição socioeconômica da vizinhança também parece modificar o efeito da exposição às áreas verdes no entorno residencial e desfechos relacionados à saúde<sup>144</sup>. Alguns estudos indicam que a magnitude das associações transversais ou longitudinais entre áreas verdes e circunferência da cintura, IMC ou percentual de gordura corporal pode ser mais forte

---

<sup>139</sup> MOREIRA, Tiana C. L. *et al.* Green Spaces, Land Cover, Street Trees and Hypertension in the Megacity of São Paulo. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n.3, 725, 2020.

<sup>140</sup> SILVEIRA, Ismael Henrique da; JUNGER, Washington Leite. Green spaces and mortality due to cardiovascular diseases in the city of Rio de Janeiro. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, 2018.

<sup>141</sup> PERSSON, Å. *et al.* Urban residential greenness and adiposity: A cohort study in Stockholm County. **Environment International**, v. 121, p. 832–841, 2018.

<sup>142</sup> RICHARDSON, Elizabeth A.; MITCHELL, Richard. Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom. **Social Science and Medicine**, v. 71, p. 568–575, 2010.

<sup>143</sup> MACBRIDE-STEWART, S.; GONG, Y.; ANTELL, J. Exploring the interconnections between gender, health and nature. **Public Health**, v. 141, p. 279–286, 2016.

<sup>144</sup> MARKEYVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

para os moradores de vizinhança de menor condição socioeconômica<sup>145,146</sup>. Acredita-se que pessoas que moram em locais de maior privação social estejam mais expostas a condições estruturais degradantes e, dessa forma, podem se beneficiar mais da presença ou implantação de áreas verdes, como os parques e as praças<sup>147</sup>. Esse fenômeno é descrito como hipótese da equigênese, a qual sugere que alguns atributos do ambiente físico e social, entre eles as áreas verdes, podem diminuir inequidades em saúde<sup>148</sup>. Por exemplo, estudo ecológico, conduzido com 28 cidades de nove países latino-americanos avaliados no estudo SALURBAL (do espanhol, *Salud Urbana en America Latina*), indicou que as desigualdades educacionais na mortalidade por causas violentas foram menores em locais mais verdes, embora apenas entre os homens<sup>149</sup>.

#### 2.4.1 Associação entre áreas verdes e saúde cardiometabólica: mecanismos explicativos

Alguns mecanismos têm sido propostos para explicar os benefícios das áreas verdes sobre diversos desfechos relacionados a saúde física e mental dos indivíduos. Considera-se que as áreas verdes possam atuar de forma a a) diminuir a temperatura e a poluição atmosférica e sonora; b) reduzir o estresse psicológico, e c) estimular à prática de atividade física e promover o convívio entre as pessoas, contribuindo para o aumento da coesão social<sup>150</sup>.

As áreas verdes podem reduzir a poluição atmosférica local<sup>151</sup>. A vegetação urbana, com destaque para as árvores, pode remover material particulado por meio da deposição destes na superfície das folhas, além de absorver poluentes gasosos através dos estômatos. A vegetação também é capaz de reduzir a temperatura do ambiente por meio de evapotranspiração e da sombra, promovendo reações químicas que reduzem as concentrações de ozônio, poluente associado a doenças pulmonares. Além disso, as árvores podem atuar como barreiras ao reduzir a dispersão de poluentes pelo vento, a depender da largura das ruas e altura dos prédios, da

<sup>145</sup> PERSSON, Å. *et al.* Urban residential greenness and adiposity: A cohort study in Stockholm County. **Environment International**, v. 121, p. 832–841, 2018.

<sup>146</sup> SARKAR, Chinmoy. Residential greenness and adiposity: Findings from the UK Biobank. **Environment International**, v. 106, p. 1–10, 2017.

<sup>147</sup> MARKEYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

<sup>148</sup> MITCHELL, R. **What is Equigenesis and how might it help narrow health inequalities?** 2013.

<sup>149</sup> MORAN, Mika R. *et al.* The equigenic effect of greenness on the association between education with life expectancy and mortality in 28 large Latin American cities. **Health & Place**, v. 72, 102703, 2021.

<sup>150</sup> MARKEYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

<sup>151</sup> KUMAR, Prashant *et al.* The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. **Environment International**, v. 133, n. 105181, 2019.

espécie e da porosidade da vegetação<sup>152</sup>. Acredita-se também que haja menor quantidade de poluição atmosférica no entorno de áreas verdes de maior extensão, como os parques, devido a menor circulação de carros nesses locais<sup>153</sup>.

As áreas verdes também podem amenizar a poluição sonora, principalmente a gerada pelo transporte rodoviário. Em primeiro lugar, áreas verdes, especialmente as arborizadas, podem atuar como uma barreira física ao ruído excessivo através dos fenômenos de difração e absorção das ondas sonoras, somado ao fato de que no interior dessas áreas há uma tendência à menor ruído devido à ausência de meios de transporte, como pode ser visto em parques e jardins botânicos<sup>154</sup>. Ademais, há algumas evidências de que o relato de desconforto psicológico causado por ruído excessivo é menor entre aqueles que residem em locais com maior presença de áreas verdes, mesmo sob mesmas condições de exposição à poluição sonora<sup>155,156</sup>. Acredita-se que a amenização do desconforto ocorra pela barreira visual da fonte de poluição sonora pelas áreas verdes ou pela melhoria da qualidade acústica devido aos sons da natureza introduzidos no espaço urbano<sup>157</sup>.

Áreas verdes urbanas, como árvores, parques, florestas urbanas, gramados e telhados verdes, diminuem a temperatura local pelo processo de evapotranspiração, que consome a energia solar para o resfriamento das folhas. O sombreamento também é outro fenômeno que explica a diminuição da temperatura ao bloquear a radiação solar e impedi-la de chegar à superfície<sup>158</sup>. Dessa forma, acredita-se que as áreas verdes urbanas são responsáveis por promover maior sensação de conforto térmico entre aqueles que residem ou frequentam esses locais.

A presença de áreas verdes pode contribuir para a redução de estresse dos indivíduos. Propõem-se que frequentar e ver uma paisagem com vegetação estimule a evocação de pensamentos e emoções positivas, ao passo que bloqueia as negativas, contribuindo, dessa forma para amenizar o estresse<sup>159</sup>. De fato, revisão sistemática de estudos experimentais

---

<sup>152</sup> Ibid.

<sup>153</sup> MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

<sup>154</sup> Ibid.

<sup>155</sup> DZHAMBOV, Angel M. *et al.* Lower noise annoyance associated with GIS-derived greenspace: Pathways through perceived greenspace and residential noise. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, p. 1–15, 2018.

<sup>156</sup> MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

<sup>157</sup> Ibid.

<sup>158</sup> BOWLER, Diana E. *et al.* Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, v. 97, p. 147–155, 2010.

<sup>159</sup> MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

encontrou relação entre a prática de atividade física em áreas verdes ou contemplação desses espaços com a diminuição dos níveis de marcadores biológicos de estresse agudo, além do autorrelato de melhoria de emoções e sentimentos<sup>160</sup>. No Japão, o banho de floresta, em japonês denominado *Shinrin-yoku*, uma prática tradicional de imersão na natureza, é utilizado para prevenção de problemas de saúde<sup>161</sup>. Um ensaio clínico *cross-over* conduzido com 22 adultos japoneses do sexo masculino indicou diminuição significativa nos níveis de cortisol salivar, um biomarcador de estresse, após uma caminhada de 2 horas em uma floresta, mas não após uma caminhada com intensidade e duração semelhantes em ambiente urbano sem áreas verdes<sup>162</sup>, sugerindo que a prática de *Shinrin-yoku* favoreça a diminuição do estresse.

No Brasil, análises transversais do Estudo Pró-Saúde, conduzido com servidores públicos da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, indicou que maior quantidade de áreas verdes no entorno residencial foi associada a menor chance de ocorrência de transtornos mentais comuns, incluindo sintomas de ansiedade, depressão e somáticos entre participantes de renda baixa ou média, mas não entre os participantes de renda mais elevada<sup>163</sup>.

Também, as áreas verdes podem contribuir para prevenção de distúrbios cardiometabólicos por estimular tanto a prática de atividade física quanto a coesão social. Espaços verdes na vizinhança que ofereçam segurança e conforto parecem proporcionar uma ambiência favorável à prática de atividade física ao ar livre. Adicionalmente, sugere-se que a prática de atividade física em espaços abertos e em meio à natureza esteja associada ao bem-estar mental, com redução de tensões, estresse e emoções negativas<sup>164</sup>. O contato social em atividades de lazer, sociais e recreativas pode colaborar para o aumento da coesão social em uma vizinhança e, por conseguinte, contribuir para o sentimento de pertencimento ao local, o bem-estar subjetivo e a diminuição dos níveis de estresse<sup>165,166</sup>.

---

<sup>160</sup> KONDO, Michelle C.; JACOBY, Sara F.; SOUTH, Eugenia C. Does spending time outdoors reduce stress? A review of real-time stress response to outdoor environments. **Health & Place**, v. 51, p. 136–150, 2018.

<sup>161</sup> HANSEN, Margaret M. *et al.* Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n.8, 851, 2017.

<sup>162</sup> KOMORI, T. *et al.* Relaxation Effect of a 2-Hour Walk in Kumano-Kodo Forest. **Journal of Neurology and Neuroscience**, v. 8, n. 1, 2017.

<sup>163</sup> BARRETO, Patricia Amado *et al.* Is living near green areas beneficial to mental health? Results of the Pró-Saúde Study. **Revista de Saúde Pública**, v. 53, 75, 2019.

<sup>164</sup> COON, J. Thopsom *et al.* Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors? A systematic review. **Environmental Science and Technology**, v. 45, p. 1761–1772, 2011.

<sup>165</sup> JENNINGS, Viniece; BAMKOLE, Omoshalewa. The relationship between social cohesion and urban green space: An avenue for health promotion. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 452, 2019.

<sup>166</sup> MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

### 3 JUSTIFICATIVA

As doenças cardiometabólicas respondem por um alto percentual da carga de morbimortalidade no Brasil e no mundo. Estudos demonstram que características próprias de ambientes urbanos como poluição, violência ou desvantagens socioeconômicas na vizinhança influenciam negativamente a saúde cardiometabólica. Tais achados são fundamentais, já que mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas. Em países da América Latina e Caribe, incluindo o Brasil, o percentual da população residente em zona urbana é superior a 80%.

Nesse contexto, estudos têm sido desenvolvidos para avaliar a relação entre o processo de adoecimento e o ambiente urbano, definido como o conjunto de características ou elementos de uma cidade que influenciam o processo saúde-doença. Essa perspectiva se fundamenta na limitação dos fatores individuais como únicos determinantes do processo de adoecimento. Além disso, oferecem a oportunidade de examinar as causas das desigualdades sociais em saúde relacionadas ao local de residência, bem como avaliar potenciais políticas sociais de impacto a nível do ambiente.

Entre as características do ambiente urbano, destacam-se as áreas verdes. Estudos de delineamentos transversal e longitudinal têm verificado a existência de associações entre as áreas verdes públicas e a saúde cardiometabólica, incluindo fatores como sobrepeso e obesidade, dislipidemias, hipertensão arterial e intolerância à glicose. Acredita-se que áreas verdes atuem como estruturas de incentivo para a prática de atividade física, auxiliem na diminuição da temperatura e da poluição atmosférica ou sonora, contribuam para a redução do estresse, para o estímulo ao convívio entre as pessoas e aumento da coesão social comunitária.

No entanto, esses estudos têm sido majoritariamente conduzidos em países de renda alta do hemisfério norte. É possível que as áreas verdes sejam ainda mais relevantes para a saúde em países do hemisfério sul, de clima tropical ou subtropical, nos quais não só as temperaturas são mais elevadas, mas também não há mudanças sazonais tão expressivas como no hemisfério norte. Além disso, a maioria desses países é de renda média ou baixa, caracterizados por maiores desigualdades sociais, maior volume de populações em acentuada vulnerabilidade socioeconômica e residentes em locais com escassez de recursos estruturais, entre eles as áreas verdes. Adicionalmente, poucos estudos longitudinais investigaram a associação entre a exposição a áreas verdes e o desenvolvimento de doenças cardiometabólicas ou seus fatores de risco.

Concluindo, há evidências crescentes do papel das áreas verdes sobre a saúde cardiometabólica, mas poucos estudos foram conduzidos em países de média ou baixa renda, e a maioria foi de corte transversal. Assim a presente tese pretende contribuir para conhecer a associação entre a quantidade de áreas verdes na vizinhança e a incidência de fatores de risco cardiometabólicos, bem como a associação das áreas verdes com trajetórias de atividade física em uma coorte de adultos brasileiros.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo geral

Investigar a associação entre a quantidade de áreas verdes na vizinhança e trajetórias de atividade física e fatores de risco cardiometabólicos em até oito anos de seguimento em adultos residentes em capitais brasileiras.

### 4.2 Objetivos específicos

- Investigar a associação entre a quantidade de áreas verdes na vizinhança e a prevalência de fatores de risco cardiometabólicos, sendo eles obesidade geral e abdominal, e diagnóstico de HDL-c baixo (Artigo 1);

- Investigar a associação entre a quantidade de áreas verdes na vizinhança e a incidência de fatores de risco cardiometabólicos, sendo eles obesidade geral e abdominal, e HDL-c baixo em quatro anos de seguimento (Artigo 1);

- Investigar se a quantidade de áreas verdes da vizinhança está associada à trajetória de atividade física moderada/vigorosa em aproximadamente oito anos de seguimento (Artigo 2);

- Investigar se a associação da quantidade de áreas verdes da vizinhança com a trajetória de atividade física é independente da percepção de segurança na vizinhança, da presença de calçadas e iluminação pública e da condição socioeconômica da vizinhança em oito anos de seguimento (Artigo 2).

## 5 MÉTODOS

### 5.1 Cenário do estudo

Este estudo foi conduzido nas cidades de Belo Horizonte e São Paulo, capitais dos estados de Minas Gerais e de São Paulo, respectivamente, ambas na região Sudeste do Brasil. Essas cidades foram selecionadas por apresentarem sítios eletrônicos com acesso público às bases cartográficas utilizadas nas etapas de construção da variável de exposição.

Conforme dados do censo demográfico do ano de 2010, Belo Horizonte apresentava população residente composta por 2.375.151 pessoas e densidade demográfica de 7.167 habitantes/ Km<sup>2</sup>. Nesse mesmo ano, foram contabilizados 3.936 setores censitários com extensão territorial média de 0,84 Km<sup>2</sup> <sup>167,168</sup> e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,810, superior à média nacional de 0,727<sup>169</sup>. O município é totalmente urbanizado<sup>170</sup>. Com extensão territorial de 331,401 Km<sup>2</sup>, Belo Horizonte possui 487 bairros distribuídos em nove regionais administrativas<sup>171</sup>.

Informações censitárias do ano de 2010 indicam que a cidade de São Paulo apresentava 18.952 setores censitários com extensão territorial média de 0,08 Km<sup>2</sup>, 96% eram urbanos<sup>172</sup>. Com uma população residente de 11.253.503 habitantes, densidade demográfica de 7.398 habitantes/Km<sup>2</sup>, apresentava IDH de 0,805 <sup>173,174</sup>. O município apresenta uma extensão territorial de 1.521,202 Km<sup>2</sup> subdivididos entre 96 Distritos que por sua vez estão alocados em 32 Subprefeituras<sup>175</sup>.

<sup>167</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo - Agregados por Setor Censitário**. IBGE, 2011.

<sup>168</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. IBGE, 2017.

<sup>169</sup> PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. 2022.

<sup>170</sup> UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Plano Metropolitano da RMBH**. Belo Horizonte, 2022.

<sup>171</sup> PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Prodabel detalha tamanho e número de bairros das regionais**. Belo Horizonte, 2021.

<sup>172</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo - Agregados por Setor Censitário**. IBGE, 2011.

<sup>173</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. IBGE, 2017.

<sup>174</sup> PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. 2022.

<sup>175</sup> PREFEITURA DE SÃO PAULO. **GeoSampa Mapa**. São Paulo, 2022.

## 5.2 Delineamento e população do estudo

O ELSA-Brasil é uma coorte brasileira conduzida com servidores públicos de instituições de ensino e pesquisa (Universidades Federais da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Universidade de São Paulo e Fundação Oswaldo Cruz) localizados em seis capitais brasileiras. O estudo foi originalmente desenhado para investigar o risco de doenças crônicas não transmissíveis, em particular o diabetes e as doenças cardiovasculares, bem como seus fatores de risco comportamentais, biológicos, ambientais, ocupacionais, psicossociais e sociais<sup>176</sup>.

Para a constituição da amostra, considerou-se a população-alvo de servidores públicos das instituições mencionadas, ativos ou aposentados, com idade entre 35 e 74 anos. Os critérios de exclusão foram: comprometimento cognitivo ou de comunicação severos; ser aposentado e residir fora da região metropolitana onde o centro de estudo está inserido; intenção de desligamento da instituição pública em futuro recente; ou gestação atual ou recente (há menos de quatro meses antes da primeira entrevista). O tamanho amostral foi definido a partir de nível de significância de 5%, prevalência estimada dos desfechos de interesse de 20%, poder do estudo de 80% e risco relativo igual a 2,0. Dessa forma, estimou-se um tamanho amostral aproximado de 6.400 pessoas. Considerando a possibilidade de perdas de seguimento e as diferenças de gênero, o tamanho amostral foi ampliado para 15.000 servidores públicos<sup>177</sup>.

Foram efetivamente incluídos 15.105 participantes durante a linha de base do estudo (visita 1), que ocorreu entre os anos de 2008 e 2010. A segunda visita aos centros de investigação para entrevistas e exames (visita 2) ocorreu entre os anos de 2012 e 2014 e contou com a participação de 14.014 servidores (taxa de retenção = 92,8%), 887 participantes não compareceram e 204 haviam falecido. A terceira visita de entrevistas e exames (visita 3) ocorreu entre 2017 e 2019, contando com a participação de 12.636 servidores (taxa de retenção = 83,7%), contabilizando 1.919 recusas de participação e 346 óbitos.

### 5.2.1 População do estudo – Artigo 1

Para as análises transversais do artigo 1, foram elegíveis apenas participantes do ELSA-Brasil vinculados ao Centro de Investigação de Minas Gerais (CI-MG), perfazendo um total de

---

<sup>176</sup> AQUINO, Estela M. L. *et al.* Brazilian Longitudinal Study of Adult health (ELSA-Brasil): Objectives and design. *American Journal of Epidemiology*, v. 175, n. 4, p. 315–324, 2012.

<sup>177</sup> Ibid.

3.115 indivíduos. Entre estes, foram excluídos aqueles que não residiam na cidade de Belo Horizonte (N=572), bem como participantes que relataram residir no endereço atual por menos de 5 anos (N=546), sendo a amostra final composta por 1997 indivíduos, com exclusão adicional devido à falta de informação para o desfecho baixo HDL-c (N=1).

Para as análises longitudinais, foram excluídos os participantes que, na visita 1, apresentavam obesidade (N=415), obesidade abdominal (N=705) e níveis baixos de HDL-c (N=474). Foram obtidas diferentes amostras analíticas após considerar óbitos, recusas e dados faltantes para os desfechos de interesse (Obesidade: N=1493; Obesidade abdominal: N=1230; baixo HDL-c: N=1417).

### *5.2.2 População do estudo – Artigo 2*

Para as análises longitudinais do artigo 2, foram elegíveis 8.176 participantes vinculados aos centros de investigação de Minas Gerais e São Paulo (CI-MG e CI-SP) na visita 1. Foram excluídos participantes que não residiam nas cidades de Belo Horizonte e São Paulo (N=2.213) e sem informação sobre atividade física em qualquer uma das visitas (N=180). No período de estudo, faleceram 187 participantes (3,2%) e 796 (13,8%) não compareceram às visitas 2 ou 3, resultando em uma amostra analítica de 4.800 participantes.

### *5.2.3 Coleta de dados*

Em todas as visitas foram realizadas entrevistas face a face utilizando questionários padronizados, previamente testados, contendo módulos para averiguar aspectos sociodemográficos, características do trabalho, comportamentos relacionados à saúde e condições de saúde, dentre outros. Participantes realizaram aferição de medidas antropométricas, pressão arterial e exames clínicos e laboratoriais. A coleta em todos os centros ocorreu de forma padronizada conforme procedimentos descritos nos Manuais de Operação específicos para entrevistas e exames.

Toda a equipe de coleta de dados dos Centros de Investigação do ELSA-Brasil foi devidamente treinada e certificada para a aferição das medidas antropométricas, coleta de sangue e aplicação de questionários. Durante a coleta de dados, foram realizadas recertificações da equipe e visitas cruzadas para controle de qualidade.

#### 5.2.4 Georreferenciamento dos locais de moradia dos participantes do ELSA-Brasil

O processo de georreferenciamento dos locais de moradia dos participantes do ELSA-Brasil foi realizado pelo Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo), vinculado ao Laboratório de Informação em Saúde (LIS) do Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde da Fundação Oswaldo Cruz (ICICT/Fiocruz) do Rio de Janeiro. O georreferenciamento foi realizado por meio do processo de geocodificação, em que as coordenadas geográficas de latitude e longitude são obtidas a partir de endereço<sup>178</sup>. O endereço residencial dos participantes foi coletado durante a visita 1 (2008-2010).

Em posse dos endereços residenciais, as coordenadas geográficas foram obtidas através de dois métodos distintos como forma de realizar a comparação entre elas. O primeiro método foi conduzido por meio do uso de um algoritmo do *software* R vinculado à base de dados do *Google Earth*. O segundo método contou com o uso do aplicativo GeoApontador, desenvolvido pela equipe do LabGeo, também vinculado à base de dados do *Google Earth*. A partir da comparação dessas duas metodologias, foram obtidas as coordenadas de latitude e longitude da residência de cada um dos participantes do ELSA-Brasil (Figuras 2 e 3).

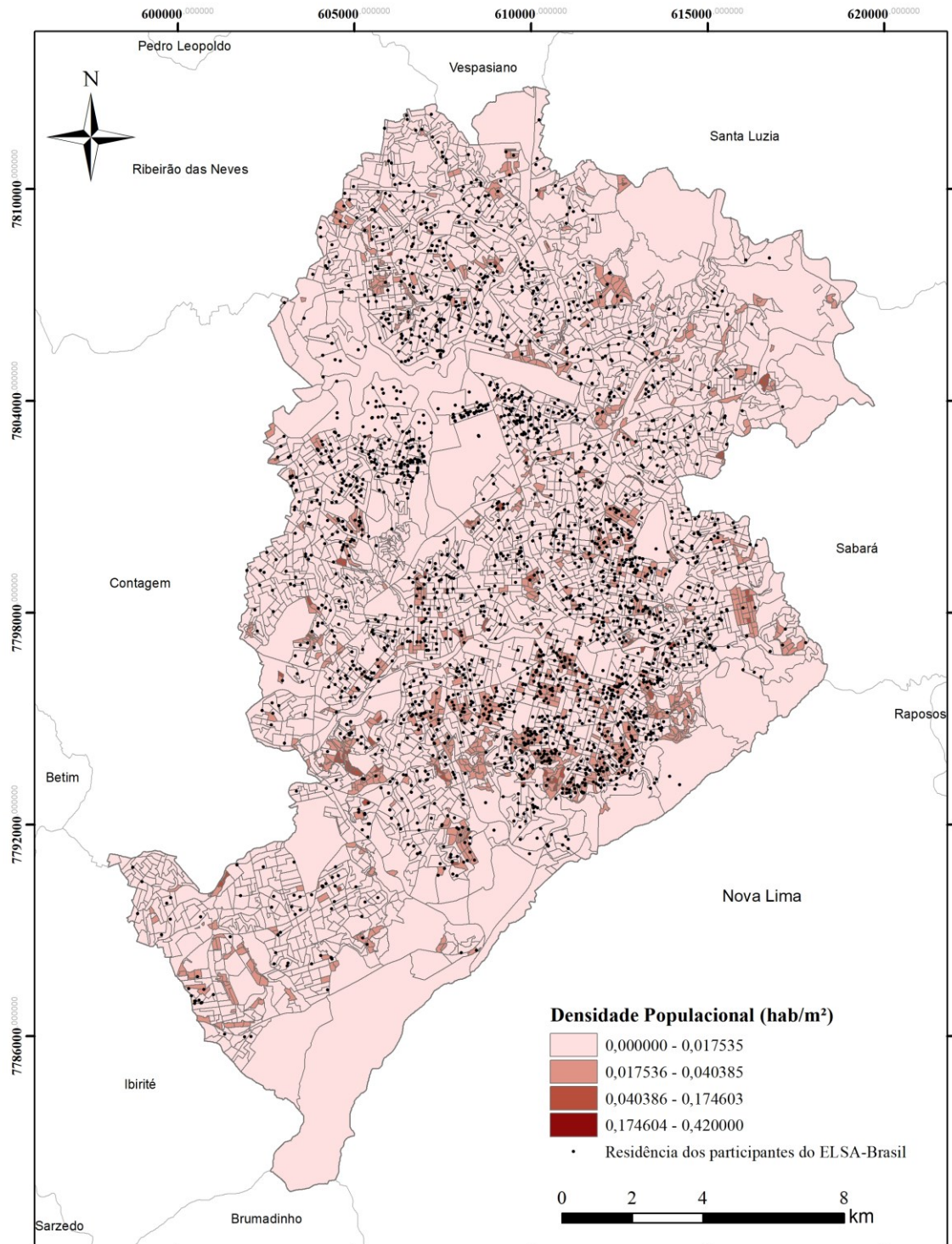
A obtenção das coordenadas geográficas foi realizada considerando-se *Datum* SAD 69, Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23S para os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, 24S para os estados do Espírito Santo e Bahia e 22S para o estado do Rio Grande do Sul. O uso do SAD 69 no Sistema Geodésico Brasileiro foi permitido até o ano de 2015<sup>179</sup>. Portanto, procedeu-se à conversão dos dados de coordenadas geográficas para o *Datum* WGS 84, Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) para a condução das etapas de geoprocessamento na tese.

---

<sup>178</sup> THORNTON, LUKAR E.; PEARCE, JAMIE R.; KAVANAGH, ANNE M. Using Geographic Information Systems (GIS) to assess the role of the built environment in influencing obesity: A glossary. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 8, n. 71, 2011.

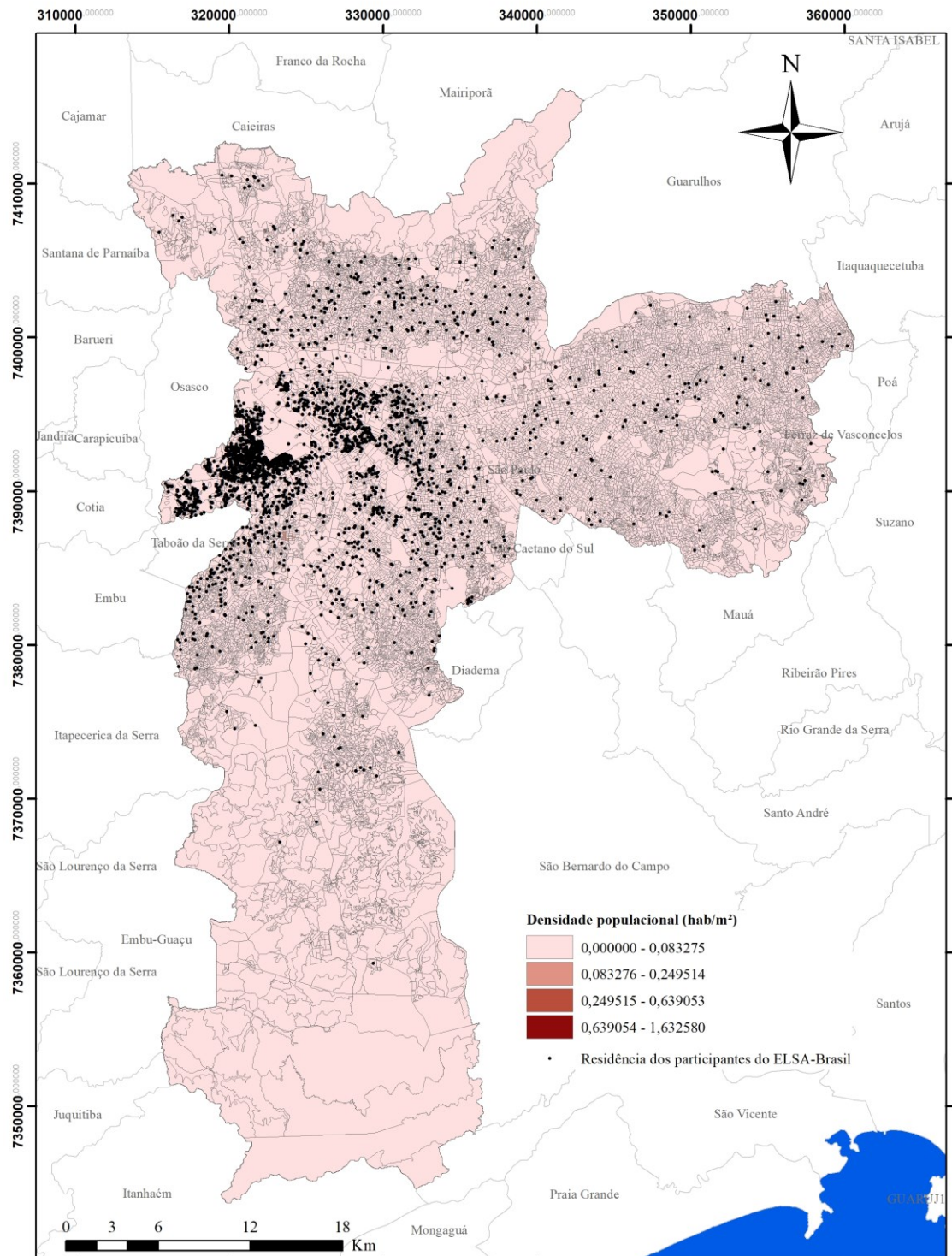
<sup>179</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução da Presidência nº01/2015 de 24 de fevereiro de 2015**. Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. IBGE, 2015.

Figura 2 – Local de moradia dos participantes do ELSA-Brasil conforme densidade populacional na cidade de Belo Horizonte. 2008 – 2010. N=2543.



Elaboração: Luciene Almeida  
 Data: 07/06/2022  
 Fonte: IBGE (2010); MMA (2011)  
 Datum: WGS 84  
 Projeção: UTM

Figura 3 – Local de moradia dos participantes do ELSA-Brasil conforme densidade populacional na cidade de São Paulo. 2008 – 2010. N=3420.



Elaboração: Luciene Almeida  
 Data: 07/06/2022  
 Fonte: IBGE (2010); MMA (2011)  
 Datum: WGS84  
 Projeção: UTM

### 5.3 Variáveis do estudo

#### 5.3.1 Áreas verdes na vizinhança (Artigos 1 e 2)

Para a obtenção da variável de exposição de áreas verdes na vizinhança, utilizou-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI), proposto por Rouse e colaboradores<sup>180</sup>. O NDVI expressa a quantidade de vegetação de uma superfície terrestre, sendo uma boa medida objetiva para avaliar a vegetação no entorno de vizinhanças urbanas<sup>181</sup>.

O NDVI é calculado por meio do uso de imagens de satélite capturadas por sensoriamento remoto. De acordo com Novo (2008, p.1)<sup>182</sup>, o sensoriamento remoto é definido como:

a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.

O processo de sensoriamento remoto abrange cinco componentes básicos. O primeiro componente é a emissão de energia eletromagnética pelo Sol. A energia emitida interage com partículas da atmosfera, e em seguida, com algum objeto na superfície terrestre. Por sua vez, o objeto reflete parte da energia captada, que é detectada pelo sensor de um satélite. Um objeto é capaz de emitir radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de onda. A este conjunto de todos os comprimentos de onda conhecidos, dá-se o nome de espectro eletromagnético<sup>183</sup>.

Uma vez que a radiação eletromagnética atinge a superfície terrestre, parte dela será absorvida pelo objeto, parte poderá ser transmitida e parte será refletida. A absorção ocorre quando a radiação é incorporada à estrutura do objeto. A transmissão é a passagem da radiação eletromagnética através do objeto. A reflexão ocorre quando a radiação eletromagnética não é absorvida e nem transmitida pelo objeto<sup>184</sup>.

<sup>180</sup> ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *In: Earth Resources Technology Satellite (ERTS) symposium*, 3, Texas, 1973. **Proceedings** [...], p. 309–317, 1973.

<sup>181</sup> RHEW, Isaac C. *et al.* Validation of the Normalized Difference Vegetation Index as a measure of neighborhood greenness. **Annals of Epidemiology**, v. 21, n. 12, p. 946–952, 2011.

<sup>182</sup> NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

<sup>183</sup> *Ibid.*

<sup>184</sup> *Ibid.*

Dessa forma, tem-se que:

$$E_I = E_A + E_T + E_R \quad (1)$$

onde:

$E_I$ : Energia incidente

$E_A$ : Energia absorvida

$E_T$ : Energia transmitida

$E_R$ : Energia refletida

Alguns conceitos são importantes para compreender o comportamento da radiação eletromagnética. A razão entre a energia refletida e a energia incidente é denominada reflectância, uma grandeza adimensional. A razão entre a energia absorvida e a energia incidente é denominada absorvância e a razão entre a energia transmitida e a energia incidente sobre o objeto, transmitância<sup>185</sup>.

O comportamento de reflectância dos objetos pode sofrer variações a depender das características dos sensores dos satélites, da geometria de iluminação da cena, dos parâmetros atmosféricos e dos parâmetros relativos ao objeto alvo. As curvas de reflectância, ou seja, os gráficos representativos das faixas espectrais da radiação eletromagnética refletida pela vegetação têm comportamento diferenciado dos demais componentes da superfície terrestre, como o solo, as rochas e minerais, a água e as superfícies construídas<sup>186</sup>.

A vegetação fotossinteticamente ativa possui baixa reflectância na região do visível, principalmente nas faixas de 480 nm e 620 nm, porque há maior absorção dessa radiação por carotenoides e clorofila para realizar a fotossíntese. Há um pequeno aumento da reflectância na faixa de 560 nm, responsável pela percepção da cor verde da vegetação. A alta reflectância da vegetação ocorre na região da radiação do infravermelho próximo, entre as faixas de 700 nm e 1300 nm devido aos fenômenos de reflectância e transmitância desta radiação no interior das folhas em função de sua estrutura celular. Ressalta-se que este comportamento espectral também pode sofrer variações sazonais, bem como se modifica a depender do tipo de vegetação, da fase do ciclo vegetativo, da quantidade de folhas em uma determinada área, da estrutura celular das folhas, da arquitetura do dossel e da presença de sombra na vegetação<sup>187,188</sup>.

---

<sup>185</sup> NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

<sup>186</sup> Ibid.

<sup>187</sup> Ibid.

<sup>188</sup> PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; KUPPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

A medida de reflectância dos objetos da superfície terrestre é detectada por meio de um veículo ou sistema suporte, denominado plataforma, que opera um sistema sensor para a aquisição de dados ao nível orbital da Terra como por exemplo os satélites. Por não serem tripulados, os satélites são majoritariamente utilizados para estudos meteorológicos, oceanográficos ou de recursos terrestres. Os sensores de satélites podem ser classificados quanto a sua resolução espacial (tamanho do pixel das imagens), resolução espectral (quantidade de bandas), resolução radiométrica (quantidade de níveis digitais de brilho) e resolução temporal (período para revisita de um mesmo local)<sup>189</sup>.

Para realizar este estudo, foram obtidas imagens geradas pelo sistema RapidEye, adquiridas junto ao GeoCatálogo do Ministério do Meio Ambiente do Brasil, o qual disponibiliza imagens para os anos de 2011 a 2014<sup>190</sup>. O sistema RapidEye é uma constelação de cinco satélites lançados por uma empresa alemã no ano de 2008 e com funcionamento até 31 de dezembro de 2019. O sistema era localizado a 630 Km de altitude e possuía órbita heliosíncrona e quase polar. O RapidEye possuía resolução espacial de cinco metros para as imagens ortorretificadas; resolução radiométrica de 12 bits (imagens com 4096 níveis de cor cinza); resolução temporal com revisita a cada 5,5 dias para imagens *nadir* e revista diária para imagens *off-nadir*. Por fim, possuía resolução espectral caracterizada pela presença de sensores que captavam imagens em cinco faixas ou bandas do espectro eletromagnético (Quadro 1)<sup>191,192</sup>.

Quadro 1 – Descrição das bandas espectrais do sistema RapidEye.

Banda	Intervalo espectral
Banda 1 – Azul	440 – 510 nm
Banda 2 – Verde	520 – 590 nm
Banda 3 – Vermelho	630 – 685 nm
Banda 4 – Vermelho de borda	690 – 730 nm
Banda 5 – Infravermelho próximo	760 – 850 nm

Fonte: Felix, Kazmierczak e Espindola (2009)<sup>193</sup>

<sup>189</sup> NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

<sup>190</sup> BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Catálogo de imagens do satélite RapidEye do Ministério do Meio Ambiente**. 2022.

<sup>191</sup> FELIX, Iara Musse; KAZMIERCZAK, Marcos Leandro; ESPINDOLA, Giovana Mira de. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal, Brasil. Anais [...].* São José dos Campos: INPE, p. 7619-7622.

<sup>192</sup> INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **RapidEye**. São José dos Campos: INPE, 2020.

<sup>193</sup> FELIX, Iara Musse; KAZMIERCZAK, Marcos Leandro; ESPINDOLA, Giovana Mira de. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal, Brasil. Anais [...].* São José dos Campos: INPE, p. 7619-7622.

Foram utilizadas imagens do ano de 2011, data mais próxima ao período da visita 1 (2008-2010), para o cálculo de NDVI na linha de base do estudo. Devido à grande extensão territorial das cidades avaliadas, foi necessário o uso de mais de uma imagem de satélite. Para a cidade de Belo Horizonte, foi realizada a junção de duas imagens geradas no dia 08/09/2011 com 0% de cobertura de nuvens. Para a cidade de São Paulo, foi realizada a junção de nove imagens geradas nas datas de 27/01/2011, 17/06/2011, 09/09/2011, 01/10/2011, 21/10/2011 com cobertura de nuvens entre 0 e 5%. Todas as imagens possuíam correção atmosférica e foram obtidas em *Datum* WGS 84, sistema de coordenadas projetadas Universal Transverso de Mercator (UTM), fuso 23S.

Dados de NDVI foram gerados a partir de valores de reflectância dos pixels da banda 3 (vermelho) e da banda 5 (infravermelho próximo). Para seu cálculo, aplicou-se a equação (2):

$$NDVI = (E_{IVP} - E_V) / (E_{IVP} + E_V) \quad (2)$$

Onde:

$E_{IVP}$ : valores de reflectância de pixels da banda infravermelho próximo

$E_V$ : valores de reflectância de pixels da banda vermelho

Valores de NDVI variam entre -1 e +1, em que valores próximos de -1 indicam ausência de vegetação, enquanto valores próximos de +1 representam cobertura vegetal com maior vigor ou maior densidade de vegetação fotossinteticamente ativa<sup>194,195</sup>.

A partir dos arquivos indicados no Quadro 2, foram excluídos valores de NDVI das áreas referentes a lagos e represas das Regiões Metropolitanas de Belo Horizonte e de São Paulo. Após esse processo, foram excluídos o interior de lotes e quadras de propriedades particulares e, dessa forma, foram contabilizados valores de NDVI somente para áreas públicas de Belo Horizonte e São Paulo (Figuras 4 e 5).

---

<sup>194</sup> PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; KUPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

<sup>195</sup> RHEW, Isaac C. *et al.* Validation of the Normalized Difference Vegetation Index as a measure of neighborhood greenness. **Annals of Epidemiology**, v. 21, n. 12, p. 946–952, 2011.

Quadro 2 – Listagem de arquivos *shapefile* e respectivas fontes e ano de referência utilizados para a obtenção de valores de NDVI de áreas públicas das cidades de Belo Horizonte e São Paulo.

Arquivos <i>shapefile</i>	Fonte	Ano de referência
Limites municipais de BH	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <sup>196</sup>	2011
Quadras de BH	Prefeitura de Belo Horizonte <sup>197</sup>	2019
Face de logradouros da RMBH	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <sup>198</sup>	2010
Parques e praças de BH	Prefeitura de Belo Horizonte <sup>199</sup>	2019
Lagos e represas da RMBH	Universidade Federal de Minas Gerais <sup>200</sup>	2020
Limites municipais de SP	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <sup>201</sup>	2011
Quadras de SP	Prefeitura de São Paulo <sup>202</sup>	2016
Face de logradouros da RMSP	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <sup>203</sup>	2010
Parques e praças de RMSP	Universidade de São Paulo <sup>204</sup>	2018
Lagos e represas da RMSP	Prefeitura de São Paulo <sup>205</sup> / Universidade de São Paulo <sup>206</sup>	2004/2016

Legenda: NDVI: Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; BH: Belo Horizonte; RMBH: Região Metropolitana de Belo Horizonte; SP: São Paulo; RMSP: Região Metropolitana de São Paulo

<sup>196</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo - Agregados por Setor Censitário**. IBGE, 2011.

<sup>197</sup> PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Prodabel. **BH Map**. Belo Horizonte, 2019.

<sup>198</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de face de logradouros**. IBGE, 2010.

<sup>199</sup> PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Prodabel. **BH Map**. Belo Horizonte, 2019.

<sup>200</sup> UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Plano Metropolitano da RMBH**. 2022.

<sup>201</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo - Agregados por Setor Censitário**. IBGE, 2011.

<sup>202</sup> PREFEITURA DE SÃO PAULO. **GeoSampa Mapa**. São Paulo, 2022.

<sup>203</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de face de logradouros**. IBGE, 2010.

<sup>204</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Centro de Estudos da Metrópole**. São Paulo, 2021.

<sup>205</sup> PREFEITURA DE SÃO PAULO. **GeoSampa Mapa**. São Paulo, 2022.

<sup>206</sup> UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Centro de Estudos da Metrópole**. São Paulo, 2021.

Figura 4 – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para áreas públicas da cidade de Belo Horizonte. 2011.

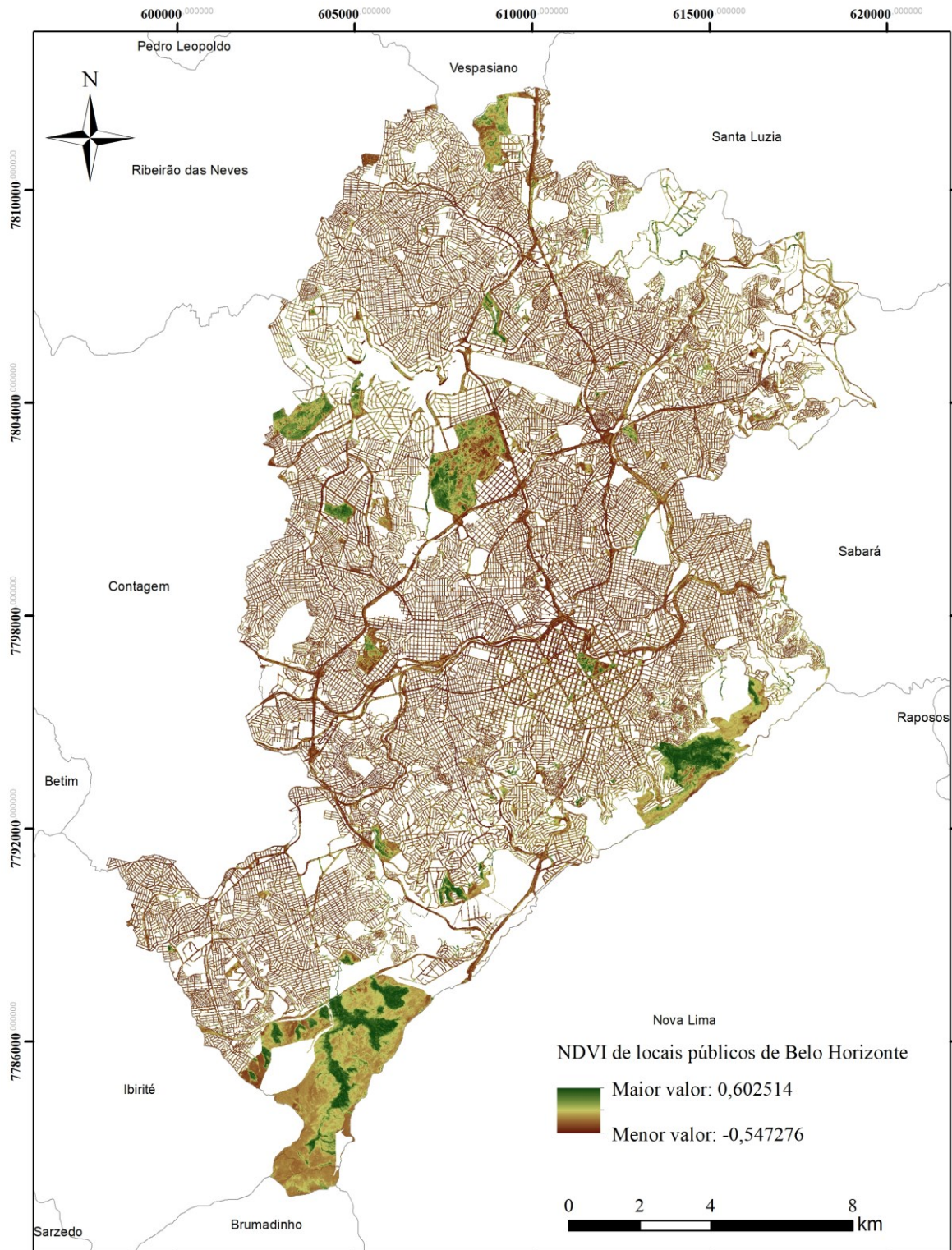
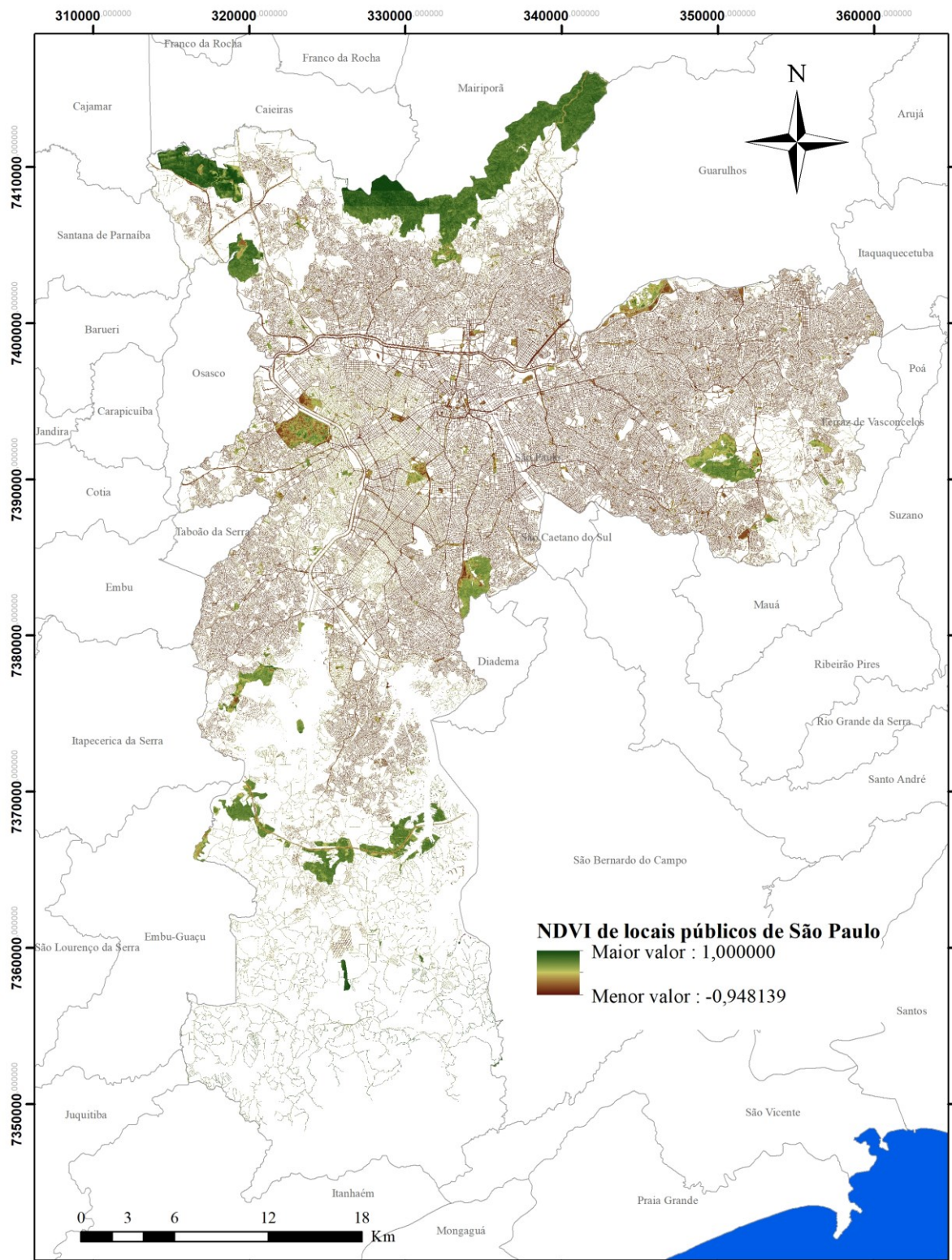


Figura 5 – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para áreas públicas da cidade de São Paulo. 2011.



Elaboração: Luciene Almeida  
 Data: 07/06/2022  
 Fonte: IBGE (2010); MMA (2011)  
 Datum: WGS84  
 Projeção: UTM

Posteriormente, valores médios de NDVI de áreas públicas foram contabilizados em *buffers* circulares de raio de 500 metros no entorno da residência dos participantes do ELSA-Brasil. *Buffer* circular é uma zona ou região com um determinado tamanho de raio no entorno de uma localização, que pode ser um endereço representado por um ponto<sup>207</sup>. De acordo com Browning e Lee (2017)<sup>208</sup>, as associações entre a quantidade de áreas verdes e desfechos em saúde foram observadas principalmente em estudos que utilizaram *buffers* com raios entre 500 e 999 metros no entorno residencial. Além disso, uma distância de 500 metros mostra-se razoável para se ter acesso a serviços e recursos físicos urbanos<sup>209</sup>. No entanto, não existe um consenso sobre a melhor delimitação do raio do *buffer* para estudar a relação entre áreas verdes e desfechos em saúde, dessa forma, é recomendável que sejam verificadas associações utilizando diferentes tamanhos de *buffers*<sup>210</sup>.

Para as análises do artigo 1, do NDVI foram derivadas medidas de percentual de área com cobertura por vegetação arbórea e por vegetação rasteira no *buffer* de 500 metros. Valores de *pixels* de NDVI de Belo Horizonte foram agrupados em quatro categorias através do método *natural breaks*. Este método pode se assemelhar a uma categorização mais próxima à realidade da distribuição dos dados espaciais uma vez que busca obter categorias com a menor variância interna, concomitantemente à maximização da variância entre as diferentes categorias<sup>211</sup>. As quatro categorias obtidas foram: solo exposto, asfalto e cimento ( $\text{NDVI} \leq -0,0595$ ), área antropizada, ou seja, prédios e casas ( $-0,0595 < \text{NDVI} < 0,0570$ ), vegetação rasteira, sendo composta por gramíneas e arbustos ( $0,0570 \leq \text{NDVI} < 0,2222$ ) e vegetação arbórea ( $\text{NDVI} \geq 0,2222$ ). Uma vez que as imagens fornecidas pelo satélite RapidEye possuem resolução espacial de cinco metros, considerou-se cada *pixel* como valor de área de 25m<sup>2</sup>. O percentual de área com cobertura por vegetação arbórea no *buffer* foi calculado dividindo-se a área total referente a vegetação arbórea pela área total de todas as quatro categorias contidas no *buffer*.

---

<sup>207</sup> THORNTON, Lukar E.; PEARCE, Jamie R.; KAVANAGH, Anne M. Using Geographic Information Systems (GIS) to assess the role of the built environment in influencing obesity: A glossary. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 8, n. 71, 2011.

<sup>208</sup> BROWNING Mathew, LEE Kangjae. Within what distance does “greenness” best predict physical health? A systematic review of articles with gis buffer analyses across the lifespan. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 7, p. 1–21, 2017.

<sup>209</sup> MOURA, Ana Clara Mourão *et al.* Geoprocessamento no apoio a políticas do programa Vila Viva em Belo Horizonte-MG: intervenções em assentamentos urbanos precários. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 2, p. 177–88, 2009.

<sup>210</sup> MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017.

<sup>211</sup> MAROKO, Andrew; MAANTAY, Juliana A.; GRADY, Kristen. Using Geovisualization and Geospatial Analysis to Explore Respiratory Disease and Environmental Health Justice in New York City. *In*: MAANTAY, Juliana A.; MCLAFFERTY Sara. **Geospatial Analysis of Environmental Health**. New York: Springer; 2011. cap. 2, p. 39-66.

Da mesma forma, o percentual de vegetação rasteira foi calculado dividindo-se a área de *pixels* referente à vegetação rasteira pela área total das quatro categorias contidas no *buffer*.

No Apêndice A, são indicadas as etapas de geoprocessamento para a obtenção de valores de NDVI médio, bem como de percentuais de vegetação arbórea e rasteira. Todas as etapas de geoprocessamento foram realizadas no *software* ArcGis 10.3 ou 10.7. Além disso, todas as etapas de geoprocessamento foram conduzidas no entorno de 1000 metros das cidades de Belo Horizonte e São Paulo, como forma considerar a exposição ao redor de cada uma das cidades e não apenas a encerrada em seus limites para aqueles participantes que residiam próximos aos limites municipais.

### 5.3.2 Variáveis resposta (Artigo 1)

#### *Obesidade*

Medidas antropométricas de peso e estatura foram aferidas nas visitas 1 e 2, sendo baseadas em manual de operação com metodologia proposta por Lohman, Roche e Martorell (1998)<sup>212,213</sup>. O participante necessitava estar em jejum de 12 horas, realizar esvaziamento da bexiga, estar sem calçados e meias, sem acessórios e adornos metálicos, e portar o uniforme fornecido pelo Centro de Investigação.

A aferição do peso foi realizada com o participante em pé, com olhar na linha do horizonte, braços estendidos ao longo do corpo, com os pés apoiados na balança e peso distribuído igualmente entre os pés. A aferição foi realizada em quilos por meio do uso de balança eletrônica com capacidade máxima de 200 kg (Toledo, São Bernardo do Campo, Brasil). Posteriormente, descontou-se o peso do uniforme do participante e obteve-se o peso corrigido.

A estatura foi aferida com o participante em pé, com a cabeça, costas, nádegas e calcanhares junto à haste vertical do estadiômetro, joelhos unidos, pés unidos ou em ângulo de 60° e cabeça posicionada no plano de *Frankfurt*. A aferição foi realizada em centímetros utilizando-se estadiômetro fixo (SECA-SE-216, Hamburgo, Alemanha).

---

<sup>212</sup> LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign: Human Kinetics, 1998.

<sup>213</sup> MILL, Jose Geraldo *et al.* Aferições e exames clínicos realizados nos participantes do ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, supl. 2, p. 54–62, 2013.

O Índice de Massa Corporal (IMC) foi obtido em Kg/m<sup>2</sup> e categorizado conforme recomendação da Organização Mundial da Saúde<sup>214</sup> em baixo peso (<18,5), eutrofia (18,5-24,99), sobrepeso (25,00-29,99) e obesidade (≥30,00).

### *Obesidade abdominal*

A aferição da circunferência da cintura foi baseada em manual de operação com metodologia proposta por Lohman, Roche e Martorell (1998)<sup>215,216</sup>. A medida foi aferida com o participante em jejum de 12 horas, após o esvaziamento da bexiga e preferencialmente no ponto médio entre a borda inferior do arco costal e a crista ilíaca na linha axilar média. Durante a aferição, o participante deveria permanecer em pé, respirando normalmente, com os pés alinhados ao quadril e braços cruzados em frente ao peito. A medida foi obtida em centímetros utilizando-se fita flexível e inelástica com comprimento máximo de 200 cm (Cescorf, Porto Alegre, Brasil).

Indivíduos com circunferência da cintura ≥ 102 cm (para homens) ou ≥ 88 cm (para mulheres) foram classificados como portadores de obesidade abdominal, conforme proposto pelo *National Cholesterol Education Program* (NCEP III)<sup>217</sup>.

### *Colesterol de alta densidade (HDL-c) baixo*

A coleta de sangue foi realizada após um período de jejum de 12 horas. As amostras foram imediatamente centrifugadas e estocadas a – 20 °C para análises centralizadas no Centro de Investigação de São Paulo em equipamento ADVIA 1200 Siemens®, pelo método colorimétrico homogêneo sem precipitação<sup>218</sup>.

---

<sup>214</sup> WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Obesity: preventing and managing the global epidemic**. Geneva, WHO, 2000. (Technical Report Series, v. 894).

<sup>215</sup> LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign: Human Kinetics, 1998.

<sup>216</sup> MILL, Jose Geraldo *et al.* Aferições e exames clínicos realizados nos participantes do ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, supl. 2, p. 54–62, 2013.

<sup>217</sup> EXPERT PANEL ON DETECTION, EVALUATION, AND TREATMENT OF HIGH BLOOD CHOLESTEROL IN ADULTS. Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III). **Journal of the American Medical Association**, v. 285, n. 19, p. 2486–2497, 2001.

<sup>218</sup> FEDELI, Ligia G. *et al.* Logística de coleta e transporte de material biológico e organização do laboratório central no ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 63–71, 2013.

Valores inferiores a 40 mg/dL para homens e 50 mg/dL para mulheres foram considerados como baixos níveis de HDL-c, conforme proposto na Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose<sup>219</sup>.

### 5.3.5 Variável resposta (Artigo 2)

#### *Trajetória de prática de atividade física*

A prática de atividade física autorrelatada foi mensurada pelo domínio de atividades físicas de recreação, esporte e de lazer da versão longa do Questionário Internacional de Atividade Física (do inglês, IPAQ), validado para adultos brasileiros<sup>220</sup>.

A classificação da prática de atividade física em fraca, moderada e vigorosa seguiu as Diretrizes para Processamento de Dados e Análise do Questionário Internacional de Atividade Física<sup>221</sup>. Para cada um dos tipos de atividade física, o número de dias foi multiplicado pela duração em minutos/dia, obtendo-se a quantidade de minutos de prática de atividade física por semana. Por sua vez, esses valores foram multiplicados por METs (*Metabolic Equivalent of Tasks*), sendo este valor de 3,3 para caminhadas, 4,0 para atividades médias e 8,0 para atividades fortes. Dessa forma, obteve-se valores de MET-minutos/semana de cada tipo de atividade física.

O padrão de atividade física vigorosa considerou os seguintes critérios: 3 ou mais dias de prática de atividades fortes, atingindo um mínimo de 1500 MET-minuto/semana; OU 7 ou mais dias de combinação de caminhada, atividades médias ou fortes, atingindo um mínimo de 3000 MET-minuto/semana. O padrão de atividade física moderada considerou os seguintes critérios: 3 ou mais dias de prática de atividade física forte de no mínimo 20 minutos por dia; OU 5 ou mais dias de prática de atividade física média e/ou de caminhada de no mínimo 30 minutos por dia; OU 5 ou mais dias de combinação de caminhada, atividades médias ou fortes, atingindo um mínimo de 600 MET-minuto/semana. Aqueles que não se enquadravam em nenhuma das opções anteriores eram incluídos na categoria de intensidade de atividade física fraca.

---

<sup>219</sup> FALUDI, André Arpad *et al.* Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose – 2017. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, n. 2 Suppl. 1, p. 1–76, 2017.

<sup>220</sup> MATSUDO, Sandra *et al.* International physical activity questionnaire (IPAQ): study of validity and reliability in Brazil. **Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 1998.

<sup>221</sup> RESEARCH COMMITTEE IPAQ. **Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Short and Long Forms**. 2005. 15 p.

As categorias de intensidade moderada e vigorosa foram agrupadas, trabalhando-se com uma variável de atividade física binária em cada uma das visitas, com categorias de intensidade fraca e intensidade moderada/vigorosa. As trajetórias da prática de atividade física moderada/vigorosa foram definidas pelo número de visitas em que o participante apresentou atividade física moderada/vigorosa, resultando em 3 categorias: nenhuma visita (referência); 1 ou 2 visitas; e 3 visitas.

### *5.3.6 Covariáveis do estudo*

A seleção dos potenciais fatores de confusão na associação entre a variável de quantidade de áreas verdes na vizinhança e os desfechos de interesse dos artigos 1 e 2 foi realizada com base na literatura.

#### *5.3.6.1 Variáveis sociodemográficas (Artigos 1 e 2)*

Foram incluídas as variáveis sexo e idade em anos.

A escolaridade do participante foi obtida por meio da pergunta “Qual o seu grau de instrução?”. Em seguida, o participante respondia conforme opções do cartão de resposta: “Nunca frequentou a escola”; “1º grau incompleto”; “1º grau completo”; “2º grau incompleto”; “2º grau completo”; “Universitário incompleto”; “Universitário completo” ou “Pós-Graduação”. Posteriormente, as respostas foram categorizadas em: ensino superior completo; ensino médio completo; ensino fundamental completo; ou ensino fundamental incompleto.

#### *5.3.6.2 Declividade do trecho de rua mais próximo da residência do participante (Artigo 1)*

Declividade é a medida de inclinação de uma superfície. Seu cálculo é realizado dividindo-se a distância vertical pela distância horizontal entre dois pontos, multiplicando-se por 100<sup>222</sup>.

Em sensoriamento remoto, dados de declividade podem ser obtidos através de Modelos Digitais de Elevação (MDEs), uma representação numérica computacional da distribuição

---

<sup>222</sup> COELHO JÚNIOR, José Machado; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Júlio da Silva CO. **Topografia Geral**. Recife: EDUFRPE, 2014. 155p.

espacial da altitude da superfície topográfica<sup>223</sup>. Foram utilizados MDEs gerados pelo satélite Alos Palsar no dia 15/02/2011 para a cidade de Belo Horizonte. Este satélite possuía órbita heliosíncrona e tinha período de revisita a cada 46 dias. Seu lançamento ocorreu em 24/01/2006 e sua operação foi finalizada em 21/04/2011. A imagem adquirida era de banda espectral de boa resolução (FBS), resolução espacial de 12,5 metros, correção de terreno em alta resolução e resolução radiométrica de cinco bits (imagens com 32 níveis de cinza)<sup>224,225</sup>.

No Apêndice B, encontram-se as etapas de geoprocessamento para a obtenção do valor de percentual de declividade do trecho de rua mais próximo da residência do participante durante a visita 1.

### 5.3.6.3 Percepção de segurança na vizinhança (Artigo 2)

A percepção de segurança na vizinhança dos participantes foi mensurada na visita 1 utilizando a escala desenvolvida no estudo *Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA)*<sup>226</sup>, que passou por adaptação transcultural por pesquisadores do ELSA-Brasil e apresentou reprodutibilidade muito boa (coeficiente de correlação intraclasse = 0,86; IC95%=0,82–0,89) e boa consistência interna (alfa de Cronbach = 0,67)<sup>227</sup>.

A mensuração ocorreu através de 3 itens:

- i) *O(a) senhor(a) se sente seguro(a) andando de dia ou de noite na sua vizinhança;*
- ii) *A violência é um problema na sua vizinhança;*
- iii) *Sua vizinhança é segura em relação a crimes.*

Para cada item, participantes relataram seu nível de concordância através da escala *Likert* com os seguintes escores: 1 – concordo totalmente; 2 – concordo parcialmente; 3 – não concordo nem discordo; 4 – discordo parcialmente; e 5 – discordo totalmente (40). Os itens i) e iii) tiveram seus escores codificados de forma reversa, assim quanto maior o escore (variação de 3 a 15), maior percepção de segurança. Posteriormente, o escore foi categorizado em 3-9, 10, 11-15. Para a entrevista, considerou-se como vizinhança a área no

<sup>223</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Modelo Digital de Elevação**. IBGE, 2020.

<sup>224</sup> ASF DAAC. **ALOS\_PALSAR Radiometric Terrain Corrected hi\_res**. 2011.

<sup>225</sup> INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **ALOS - Advanced Land Observing Satellite**. São José dos Campos: INPE, 2013.

<sup>226</sup> MUJAHID, Mahasin S. *et al.* Assessing the measurement properties of neighborhood scales: From psychometrics to ecometrics. **American Journal of Epidemiology**, v. 165, n. 8, p. 858–867, 2007.

<sup>227</sup> SANTOS, Simone M. *et al.* Cross-cultural adaptation and reliability of measurements on self-reported neighborhood characteristics in ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 122–130, 2013.

entorno residencial onde se pratica atividades diárias como fazer compras, ir à praça ou visitar vizinhos.

#### 5.3.6.4 Percentual de domicílios com presença de calçadas pavimentadas na vizinhança (Artigo 2)

Para o cálculo, foram selecionadas as seguintes variáveis dos bancos Entorno 01\_MG e Entorno 01\_SP do Censo Demográfico do ano de 2010<sup>228</sup>:

- V001 – Domicílios particulares permanentes;
- V020 – Domicílios particulares permanentes próprios – Existe calçada;
- V022 – Domicílios particulares permanentes alugados – Existe calçada;
- V024 – Domicílios particulares permanentes cedidos – Existe calçada.

Para o cálculo do percentual de domicílios com calçadas pavimentadas em *buffer* circular de raio de 500 metros no entorno da residência do participante, foram conduzidas as seguintes etapas:

- a) calculou-se o somatório de domicílios com presença de calçadas pavimentadas (domicílios particulares permanentes próprios + alugados + cedidos);
- b) calculou-se o percentual de área do setor censitário que estava contido no *buffer* circular;
- c) os valores das variáveis de domicílios particulares permanentes com presença de calçadas pavimentadas e domicílios particulares permanentes de cada setor foram multiplicados pelo percentual da área incluída no *buffer*, obtendo-se valores proporcionais;
- d) para cada um dos *buffers*, foram somados os valores calculados no item (c), obtendo-se valores de domicílios particulares permanentes com presença de calçadas pavimentadas e domicílios particulares permanentes por *buffer*;
- e) realizou-se a divisão do valor de domicílios particulares permanentes com presença de calçadas do *buffer* por domicílios particulares permanentes do *buffer*, multiplicando-se por 100 e obtendo-se a variável de percentual de domicílios com calçadas pavimentadas em *buffer* circular. Posteriormente, a variável foi categorizada em quartis.

---

<sup>228</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo - Agregados por Setor Censitário**. IBGE, 2011

### 5.3.6.5 Percentual de domicílios com presença de postes de iluminação pública na vizinhança (Artigo 2)

Para o cálculo, foram selecionadas as seguintes variáveis dos bancos Entorno 01\_MG e Entorno 01\_SP do Censo Demográfico do ano de 2010<sup>229</sup>:

- V001 – Domicílios particulares permanentes;
- V008 – Domicílios particulares permanentes próprios – Existe iluminação pública;
- V010 – Domicílios particulares permanentes alugados – Existe iluminação pública;
- V012 – Domicílios particulares permanentes cedidos – Existe iluminação pública.

Para o cálculo do percentual de domicílios com postes de iluminação pública em *buffer* circular de raio de 500 metros no entorno da residência do participante, foram conduzidas as seguintes etapas:

a) calculou-se o somatório de domicílios com presença de postes de iluminação pública (domicílios particulares permanentes próprios + alugados + cedidos);

b) calculou-se o percentual de área do setor censitário que estava contido no *buffer* circular;

c) os valores das variáveis de domicílios particulares permanentes com presença de postes de iluminação pública e domicílios particulares permanentes de cada setor foram multiplicados pelo percentual da área incluída no *buffer*, obtendo-se valores proporcionais;

d) para cada um dos *buffers*, foram somados os valores calculados no item (c), obtendo-se valores de domicílios particulares permanentes com presença de postes de iluminação pública e domicílios particulares permanentes por *buffer*;

e) realizou-se a divisão do valor de domicílios particulares permanentes com presença de postes de iluminação pública do *buffer* por domicílios particulares permanentes do *buffer*, multiplicando-se por 100 e obtendo-se a variável de percentual de domicílios com postes de iluminação pública em *buffer* circular. Posteriormente, a variável foi categorizada em quartis.

---

<sup>229</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo - Agregados por Setor Censitário**. IBGE, 2011

### 5.3.6.7 Residência em área de favelas (Artigo 2)

Participantes residentes em áreas de favelas corresponderam àqueles que moravam, na visita 1, em setores censitários especiais de aglomerado subnormal, conforme classificação do Censo Demográfico do ano de 2010 expressa na variável Código Tipo do Setor, categoria 1<sup>230</sup>.

### 5.3.6.8 Condição socioeconômica da vizinhança (Artigos 1 e 2)

Como condição socioeconômica da vizinhança, considerou-se a renda domiciliar *per capita* média, calculada utilizando-se as seguintes variáveis do censo demográfico do ano de 2010<sup>231</sup>:

- V003 - Total do rendimento nominal mensal dos domicílios particulares permanentes por setor censitário, dos bancos DomicilioRenda\_MG e DomicilioRenda\_SP;

- V002 - Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes por setor censitário, dos bancos Basico\_MG e Basico\_SP.

Para o cálculo da renda domiciliar *per capita* média em *buffer* circular de raio de 500 metros no entorno da residência do participante, foram conduzidas as seguintes etapas:

a) calculou-se o percentual de área do setor censitário que estava contido no *buffer* circular;

b) os valores das variáveis de renda e de população de cada setor foram multiplicados pelo percentual da área incluída no *buffer*, obtendo-se valores de renda e população proporcionais;

c) para cada um dos *buffers*, foram somados os valores das variáveis de renda e de população proporcionais, obtendo-se valores de renda e população totais por *buffer*;

d) realizou-se a divisão do valor de renda total do *buffer* pela população total do *buffer*, obtendo-se a variável de renda domiciliar *per capita* média do *buffer*. Posteriormente, a variável foi categorizada em quintis.

<sup>230</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Documentação do Arquivo.** IBGE, 2011.

<sup>231</sup> INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo - Agregados por Setor Censitário.** IBGE, 2011.

#### **5.4 Aspectos Éticos**

O estudo foi aprovado pelos comitês de ética em pesquisa de cada uma das instituições bem como pelo Comitê Nacional de Ética em Pesquisa (Anexos A e B). Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em cada uma das visitas.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Artigo 1

**Título: Neighborhood greenspace and cardiometabolic risk factors: cross-sectional and longitudinal analysis in ELSA-Brasil participants**

Luciene Fátima Fernandes Almeida<sup>a</sup>

Sandhi Maria Barreto<sup>b</sup>

Renato César Ferreira de Souza<sup>c</sup>

Letícia de Oliveira Cardoso<sup>d</sup>

Luana Giatti<sup>e</sup>

*[Artigo publicado no periódico Health & Place em 15 de outubro de 2021. Versão do artigo no layout de publicação do periódico está disponível no Apêndice C deste volume]*

<sup>a</sup>Posgraduate Program in Public Health, School of Medicine, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. Email address: [lucienefernandesalmeida@gmail.com](mailto:lucienefernandesalmeida@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4602-887X>

<sup>b</sup>School of Medicine and Clinical Hospital, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. Email address: [sandhi.barreto@gmail.com](mailto:sandhi.barreto@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7383-7811>

<sup>c</sup>School of Architecture, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. Email address: [rcesarfs@gmail.com](mailto:rcesarfs@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1954-9496>

<sup>d</sup>National School of Public Health, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. Email address: [leticiaadeoliveiracardoso@gmail.com](mailto:leticiaadeoliveiracardoso@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1312-1808>

<sup>e</sup>School of Medicine and Clinical Hospital, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil. Email address: [luana.giatti@gmail.com](mailto:luana.giatti@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5454-2460>

## ABSTRACT

Greater neighborhood greenspace has been associated with better cardiometabolic risk factors, especially in high-income countries. This cross-sectional and longitudinal study assessed this association in approximately 2,000 participants of the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil) residing in Belo Horizonte, a large Brazilian capital city. Neighborhood greenspace was studied through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and two additional types, percentages of tree cover and herbaceous cover. Multivariable logistic regression models estimated the cross-sectional and longitudinal associations of neighborhood greenspace with three metabolic factors – (i) obesity, (ii) abdominal obesity, and (iii) low HDL-cholesterol – after adjustment for individual sociodemographic factors and neighborhood average household income *per capita*. Cross-sectional results showed that higher neighborhood greenspace was associated with lower odds of obesity, abdominal obesity and low HDL-c. However, neighborhood greenspace was not associated with the incidence of any of these risk factors. The percentage of tree cover seemed to contribute more to the associations found with NDVI than the percentage of herbaceous cover. The results support the evidence that increased neighborhood greenspace contributes to maintain a better cardiometabolic health.

**KEYWORDS:** Greenspace; Tree Cover; Herbaceous Cover; Adults; Cardiometabolic Risk Factors.

## INTRODUCTION

Neighborhood greenspace has been increasingly recognized as a health promoting contextual factor. Described as public urban structures around residence with any type of vegetation, including parks, squares, gardens, zoos, streets trees, and flower beds<sup>1,2</sup>, neighborhood greenspace seems to promote the practice of physical activity<sup>3-5</sup>, as well as the decrease of environmental temperature, air pollution, or noise, contributing to stress reduction<sup>2,6</sup>.

Each type of greenspace may contribute differently to the relationship between neighborhood greenspace and health. Tree cover, for instance, plays a very important role in improving air quality by absorbing pollutants and facilitating the deposition of particulate matters on its surface, in addition to providing shade and contributing to thermal comfort<sup>7,8</sup>. On the other hand, herbaceous cover, composed of grasses and shrubs, can contribute to improving the esthetics of the environment and reducing the surface temperature when compared to concrete or asphalt surfaces<sup>7,9</sup>. For these reasons, many studies may well have indicated a beneficial effect of total vegetation on health without specifying the type. Total vegetation is generally evaluated by the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and commonly denominated as greenness<sup>4,10-13</sup>.

Obesity, abdominal obesity, and dyslipidemia are well-known and highly prevalent cardiometabolic risk factors for cardiovascular diseases (CVD), type 2 diabetes mellitus (DM), and other noncommunicable diseases (NCD)<sup>14</sup>. Cardiometabolic risk among individuals results from a complex interaction among environmental, social, economic, family, and individual factors<sup>15</sup>. Physical environmental characteristics, especially neighborhood greenspaces, have been associated with the cardiometabolic risk profile. A meta-analysis of one longitudinal and five cross-sectional studies showed an association between greater neighborhood greenspaces and lower odds of overweight/obesity<sup>12</sup>. Although the number of studies is small, greater neighborhood greenspace has been cross-sectionally associated with lower odds of dyslipidemia<sup>16,17</sup> and has been longitudinally associated with higher levels of HDL-c (High Density Lipoprotein cholesterol)<sup>18</sup> and a lower risk of large waist circumference<sup>19</sup>.

However, the exposures to neighborhood greenspace and metabolic risk factors are unequally distributed, and both are associated with contextual factors<sup>20</sup>. For example, individuals with lower socioeconomic position tend to live in steeper areas that are generally more arid and more poorly served by different kinds of urban infrastructure, including parks. In Brazil, shantytowns are often placed in uninhabitable hilly areas, which are generally less suitable for routine physical activity<sup>21</sup>, even when there are greenspaces in the area. However, steeper areas may bring physical exertion into daily life, as individuals need to climb uphill in order to reach daily destinations. Likewise, neighborhoods with a poorer socioeconomic status have been associated with less availability of parklands<sup>22</sup>, as well as with worse health behaviors, such as less physical activity<sup>23</sup> and an inadequate consumption of fruits and vegetables<sup>24</sup>.

There is some indication that contextual and individual factors, such as neighborhood socioeconomic status and gender, can also modify the association between neighborhood greenspace and health outcomes<sup>6</sup>. Some studies show that greener areas provide more health benefits in poor neighborhoods<sup>25-27</sup>, other studies show that greenspaces bring more health benefits in affluent areas<sup>28</sup>, while some studies show that greenspaces benefit health similarly across all socioeconomic strata<sup>9,19</sup>. Furthermore, the beneficial associations between greenspaces and health appear stronger among women<sup>6,17,19,27,29,30,31</sup>.

Studies on the relationship between neighborhood greenspaces and cardiometabolic risk factors are commonly cross-sectional and rare in low- and middle-income countries<sup>4,12</sup>, especially in Latin America, where greenspaces and structural and social resources, like parks and sports facilities, tend to be scarcer and/or poorly distributed in intra-urban environments<sup>32,33</sup>.

Given the scarcity of evidence on the relationship between neighborhood greenspaces and cardiometabolic factors from low- and middle- income countries, and considering that the follow-up period of the ELSA-Brasil cohort is relatively short, both cross-sectional and longitudinal studies were conducted to contribute to this literature gap. In this context, this study aimed to investigate whether neighborhood greenness was associated with the prevalence and incidence of obesity, abdominal obesity, and low HDL-cholesterol, and whether these associations differed according to a given neighborhood's gender and socioeconomic status. This study also investigated if each type of neighborhood greenspace (tree cover and herbaceous cover) contributes similarly or differently to the aforementioned outcomes. Based on the literature discussed above, we hypothesized that: 1) both the prevalence and the incidence of metabolic risk factors were lower among individuals exposed to higher neighborhood greenness; 2) the magnitudes of the associations found would be greater among women and vary according to the socioeconomic status of each neighborhood.

## METHODS

### *Study design and scenario*

A cross-sectional and longitudinal analysis was conducted using the ELSA-Brasil cohort data of participants residing in Belo Horizonte, Brazil. In 2010, the municipality had 3,936 urban census tracts<sup>34</sup>, 2,375,151 inhabitants, a demographic density of 7,167 inhabitants/km<sup>2</sup><sup>35</sup>, and a Human Development Index (HDI) of 0.810<sup>36</sup>. The HDI is a summary measure of the average performance of three main dimensions of human development (health, education, and income), varying from zero to one, with higher values indicating better evaluation<sup>37</sup>.

ELSA-Brasil is a multicenter cohort that included 15,105 civil servants, active and retired (due to old age, working span, or health), from teaching and research institutions in six Brazilian cities (Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Salvador, São Paulo, and Vitória). It was designed with the aim of investigating the incidence of chronic diseases, especially diabetes and cardiovascular diseases, together with their behavioral, biological, environmental, occupational, psychosocial, and social risk factors<sup>38</sup>. A baseline data collection (visit 1) was carried out in 2008-2010, and a second visit (visit 2) with interviews and exams took place in 2012-2014, with the participation of 93.4% of those eligible. The study was approved by the Research Ethics Committee of each organization and by the National Research Ethics Committee. All participants signed an Informed Consent Form<sup>38</sup>.

For the cross-sectional analyses, 3,115 participants linked to the teaching and research institutions from Belo Horizonte were eligible. Of these, individuals not living in the city of Belo Horizonte (N=572) were excluded. Because longer time of exposure to greenspace is an implied contributor to any observed effect, individuals who lived for less than five years at the address informed in the first visit 1 (N=546) were excluded<sup>11,17,39,40</sup>. Participants excluded by length of residence were predominantly male, younger, more highly educated, with abdominal obesity and residing in areas with a higher neighborhood average household income *per capita* ( $p < 0.05$ ) (Table S1). Therefore, 1,997 individuals were included in the cross-sectional analysis, with an additional exclusion due to a lack of information in the analysis of low HDL-c (N=1) (Figure 1).

For the longitudinal analysis, participants who, on visit 1, presented obesity (N=415), abdominal obesity (N=705), and low HDL-c (N=474) were also excluded. Different sample sizes were obtained after considering deaths, refusals and missing values for outcomes (Obesity: N=1493; abdominal obesity: N=1230; low HDL-c: N=1417) (Figure 1). There was no statistically significant difference between the participants present at visit 2 and the others regarding gender, age, level of education, smoking habit, and neighborhood greenness ( $p > 0.05$ ).

The georeferencing of the participants' place of residence was carried out using the geocoding process, with the geographic coordinates obtained from the residential address informed in visit 1.

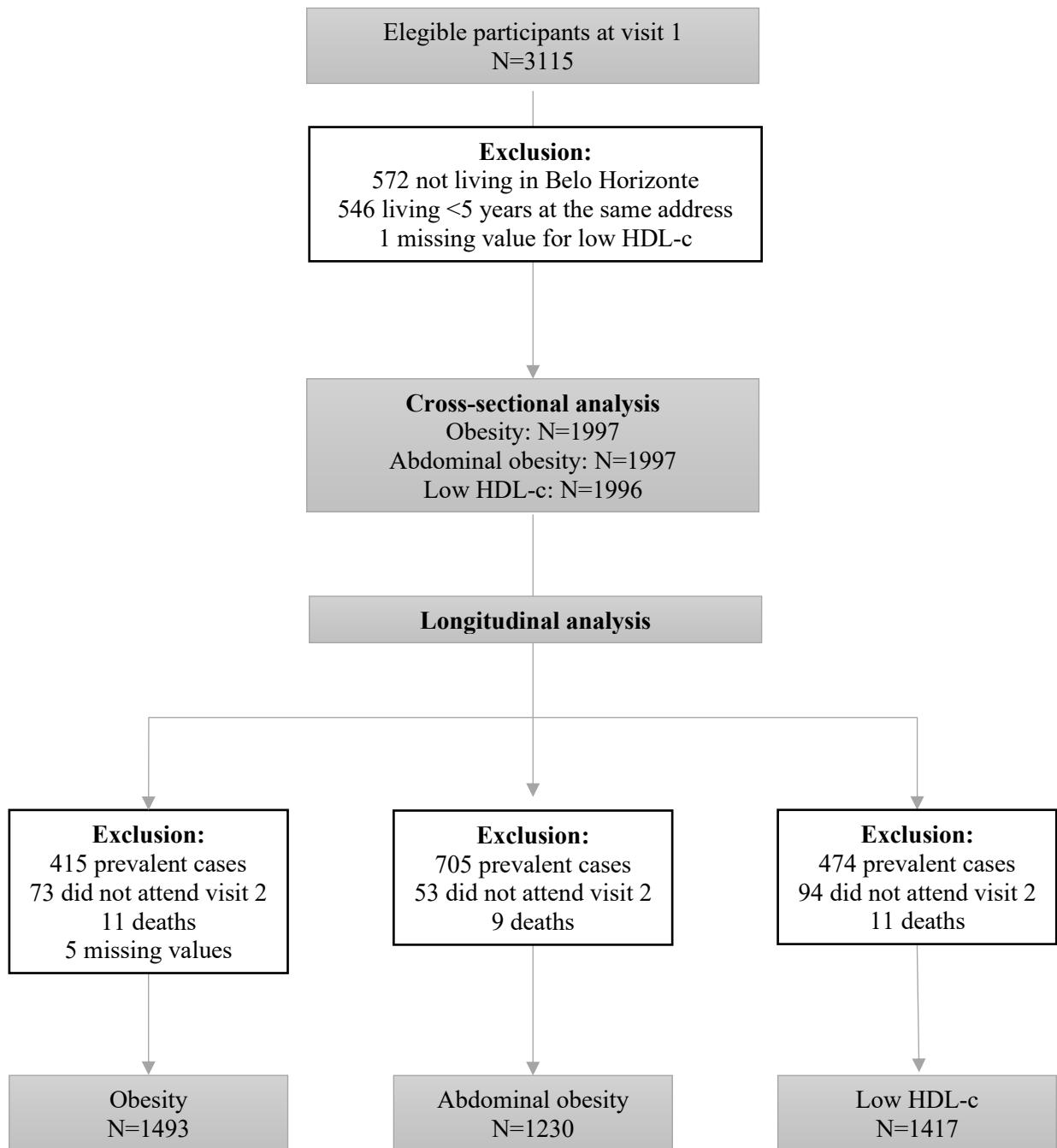


Figure 1 – Flowchart of analytical samples for cross-sectional and longitudinal analyses

### *Neighborhood greenspace*

Neighborhood greenness was expressed by NDVI, which measures the greenness in public areas of the neighborhood, defined as a 500-meter circular buffer around the participant's residence in visit 1 (Figure S1). The length of the buffer radius was chosen considering its capacity to best predict results associating NDVI values and health outcomes, as well as because this was a reasonable distance to access urban services and physical resources<sup>10,41</sup>.

The NDVI (the ratio of the difference between the near-infrared and visible red radiation to the sum of these two measures) was based on data from the RapidEye satellite of the Ministry of the Environment of Brazil. The images were orthorectified with a spatial resolution of five meters<sup>42</sup>, that is, one pixel in the digital image represents an area of 25 m<sup>2</sup> on the ground<sup>43</sup>. For the present analysis, images from Belo Horizonte in September 2011 were used, with 0% cloud cover. NDVI values vary between -1 and +1, where values close to -1 indicate absence of vegetation, whereas values close to +1 express larger size and healthier vegetation and in greater quantity<sup>2,13</sup>.

Water-covered areas, such as ponds and dams, were excluded, as were private blocks and lots, and NDVI values accounted only for public areas, such as streets, avenues, squares, and parks. The neighborhood greenness was calculated as the average NDVI of a 500-meter circular buffer around the participant's residence in visit 1. Due to the absence of evidence concerning the linearity of the association between NDVI and the outcomes, NDVI values were categorized into quartiles.

To explore the possibility of a differential contribution of each type of neighborhood greenspace (tree cover and herbaceous cover) to health, a sub-analysis was performed, using two additional indicators: percentages of tree cover and herbaceous cover. These two indicators were both obtained from the NDVI values and were grouped into four categories established by the method of natural breaks, which seeks to determine the smallest variance within each category concomitantly with the maximization of variance between the different categories<sup>44</sup>. The herbaceous cover corresponded to the interval  $0.0570 \leq \text{NDVI} < 0.2222$ , while the tree cover corresponded to  $\text{NDVI} \geq 0.2222$ <sup>45</sup>. For these categories, each pixel was considered to be an area of 25 m<sup>2</sup> (conversion based on spatial resolution of five meters). The percentage of tree cover in the neighborhood, that is, 500-meter circular buffer around the participant's residence in visit 1, was calculated by dividing the total area of tree cover pixels by the total area of all four categories contained in the buffer. Likewise, the percentage of herbaceous cover was calculated by dividing the area of herbaceous cover pixels by the total area of the four categories

contained in the buffer. These percentages of tree cover and herbaceous cover were also expressed in quartiles.

### *Outcome variables*

Three cardiometabolic risk factors were investigated: obesity, abdominal obesity, and low HDL-c.

Weight, height, and waist circumference measurements were taken according to that proposed by Lohman et al.<sup>46,47</sup>. Weight was measured in kilograms, using an electronic scale with a maximum capacity of 200 kg (Toledo, São Bernardo do Campo, Brazil). Height was measured in centimeters, using a fixed stadiometer (SECA-SE-216, Hamburg, Germany). Waist circumference was measured in centimeters, using an inelastic tape (Cescorf, Porto Alegre, Brazil). Obesity was defined as a body mass index (BMI)  $\geq 30$  Kg/m<sup>2</sup>. Abdominal obesity was defined as a waist circumference  $\geq 102$  cm (for men) or  $\geq 88$  cm (for women)<sup>48</sup>.

HDL-c levels were measured in an ADVIA 1200 Siemens® equipment, using the homogeneous colorimetric method without precipitation<sup>49</sup>. HDL-c was considered low for values  $< 40$  mg/dL for men and  $< 50$  mg/dL for women<sup>50</sup>.

Anthropometric measurements and blood collection were performed after a 12-hour fast, using standardized protocols.

### *Covariables*

Based on the literature, individual and contextual sociodemographic characteristics were considered to be potential confounding factors. The individual sociodemographic characteristics measured at visit 1 were: gender (male; female), age (years), and level of education (university degree, complete secondary school, complete elementary school, incomplete elementary school).

The contextual covariables were the terrain slope and the average household income *per capita* of the neighborhood. The slope of the nearest street segment to the participant's residence was calculated in percentage, using a digital elevation model derived from images obtained in 2011 by the Alos Palsar satellite with a spatial resolution of 12.5 meters corrected by a high-resolution terrain correction process<sup>51</sup>. The average neighborhood household income *per capita* was obtained from the sum of household income divided by the sum of the population of each census tract in the 2010 Brazilian Demographic Census<sup>34</sup>, with these measures – income and population – weighted by the percentage of census tracts included in the buffer.

### *Statistical analysis*

Categorical variables were described as proportion and continuous variables as medians and interquartile range, or as means and standard deviation. Individual and contextual variables were compared using Pearson Chi-Square or Kruskal-Wallis tests according to the quartiles of neighborhood greenness.

Due to the correlation among individuals residing at the same address, generalized estimating equations for logistic regression (GEE) were used, considering the exchangeable correlation structure. In the cross-sectional analyses, the strength of the associations between neighborhood greenness and the outcomes at visit 1 (obesity, abdominal obesity, and low HDL-c) was estimated by the odds ratio (OR) and the respective 95% confidence intervals (95% CI). Longitudinal analyses were conducted considering only individuals at risk for each of the outcomes at baseline. OR and 95% CI express the odds of the occurrence of the incident outcome of interest in nearly 4-year follow-up associated with the exposure to neighborhood greenness during visit 1. The cross-sectional and longitudinal multivariable analyses followed these steps: 1) crude analysis (Model 0); 2) adjustment for sociodemographic variables (gender; age, and level of education) (Model 1); 3) the variable slope was added, but did not remain in the analysis, as it had no impact on the associations; 4) the neighborhood average household income *per capita* was included (Final model). The same analysis was repeated for the percentage of tree cover and herbaceous cover. Finally, interaction terms were added to the final model to test multiplicative interactions between the variables of gender or neighborhood average household income *per capita* and neighborhood greenness in association with the studied outcomes.

Sensitivity analyses were carried out between neighborhood greenness and continuous outcomes (BMI, waist circumference, and HDL-c), using mixed effect linear models to verify more nuanced changes in the outcomes. In addition, analysis was carried out to verify whether the cross-sectional and longitudinal associations observed remained after inclusion in the sample of participants who had lived for less than five years at the same address. Ultimately, analyses were carried out to verify whether the associations changed when defining the neighborhood as the 500-meter circular buffer around the centroid of the census tract of the participants at visit 1.

The geoprocessing steps were carried out using the ArcGIS software, version 10.7, Projected Coordinate System, Universal Transverse Mercator, UTM Zone 23S, WGS 1984 *datum*. Statistical analyses were performed using the Stata 14.0 software, adopting the significance level of  $\alpha=0.05$  for the rejection of the null hypothesis.

## RESULTS

On average, the participants' length of residence at the same address was 21.0 (SD=13.0) years. The following characteristics predominated in the study population: female gender, median age 53 years (IQR=13), university degree, non-obese, and adequate HDL-c levels. Older people, higher levels of education, non-obese, and with adequate HDL-c values lived in areas with higher NDVI. Moreover, NDVI was greater in areas with higher average household income *per capita* (Table 1).

Table 1 – Distribution of characteristics according to quartiles of NDVI in the neighborhood of participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008-2010. N = 1997.

Variables	Total	NDVI				p-value*
		Quartile 1 (lower)	Quartile 2	Quartile 3	Quartile 4 (higher)	
<b>Individual variables</b>						
Women (%)	55.9	57.0	58.1	56.1	52.5	0.310
Age (Years), median (IQR)	53 (13)	53 (12)	52 (11)	53 (11)	57 (14)	< 0.001
Level of education (%)						
University degree	63.1	60.2	47.5	64.9	79.8	< 0.001
Complete secondary school	29.2	30.4	43.1	27.9	15.4	
Complete elementary school	3.9	4.2	4.41	4.4	2.6	
Incomplete elementary school	3.8	5.2	5.0	2.8	2.2	
Obesity (%)	20.8	24.8	22.2	21.2	14.8	0.001
Abdominal obesity (%)	35.3	39.6	38.3	34.7	28.7	0.001
Low HDL-c (%)§	25.4	29.0	26.5	25.1	21.4	0.032
<b>Contextual variables</b>						
Slope of the nearest street segment (%), median (IQR)	5.4 (7.3)	6.1 (7.7)	4.9 (7.3)	5.6 (7.1)	5.0 (6.6)	0.060
Neighborhood average household income <i>per capita</i> (US\$) †, median (IQR)	848.92 (840.08)	745.73 (503.57)	538.18 (501.43)	878.43 (1,281.9)	1,498.59 (1,188.06)	< 0.001

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; IQR: Interquartile Range ( $P_{75} - P_{25}$ ); HDL-c: High-Density Lipoprotein Cholesterol.

\*Pearson Qui-Square or Kruskal-Wallis

§N=1996

†Quote BRL/USD on 06-30-2010: 1.80

The neighborhood showed median values of NDVI of -0.0458 (IQR=0.035), tree cover of 1.92% (IQR=2.4), herbaceous cover of 9.31% (IQR=7.15), median slope of the street segment of 5.44% (IQR=7.32), and neighborhood average household income *per capita* of US\$848.92 (IQR=840.08) (Table 2).

Table 2 – Characterization of contextual variables of the neighborhood of participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008-2010. N = 1997.

	Mean (SD)	Minimum	P25	P50	P75	Maximum
<b>Contextual variables</b>						
NDVI	-0.0397 (0.0365)	-0.1087	-0.0648	-0.0458	-0.0298	0.2050
Tree Cover (%)	3.57 (5.00)	0.08	0.87	1.92	4.27	48.57
Herbaceous Cover (%)	10.65 (5.95)	2.51	6.30	9.31	13.45	47.10
Slope of the nearest street segment (%)	6.76 (5.47)	0.00	2.61	5.44	9.93	42.70
Neighborhood average household income <i>per capita</i> (US\$)*	1,014.33 (658.47)	158.65	479.98	848.92	1,320.06	3,835.18

SD: Standard Deviation; P25, P50 and P75 represent the 25<sup>th</sup>, 50<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentiles; NDVI: Normalized Difference Vegetation Index;

\*Quote BRL/USD on 06-30-2010: 1.80

In the crude model of the cross-sectional analysis, participants in the fourth quartile of NDVI had reductions by 48% (95% CI=0.38–0.72), 39% (95% CI=0.46–0.79), and 35% (95% CI=0.48–0.86) in the odds of obesity, abdominal obesity, and low HDL-c, respectively, when compared to those in the first quartile (Table S2). After adjusting for individual covariables and neighborhood average household income *per capita*, those in the fourth quartile of NDVI showed a decline of 36% (95% CI=0.45–0.91), 38% (95% CI=0.45–0.84), and 25% (95% CI=0.54–1.04) in the odds of obesity, abdominal obesity, and low HDL-c, respectively. The latter association was of borderline statistical significance (p=0.085) (Table 3).

Cross-sectional analyses also indicated that, after adjusting for all covariables, those in the third and fourth quartile of percentage of tree cover showed a decline of 32% (95% CI=0.49–0.94) and 49% (95% CI=0.34–0.75), respectively, in the odds of obesity when compared to those in the first quartile. Similarly, those in the third and fourth quartile of percentage of tree cover showed a decline of 37% (95% CI=0.47–0.84) and 42% (95% CI=0.42–0.81), respectively, in the odds of abdominal obesity. The percentage of tree cover was associated with low HDL-c only for those in the third quartile (OR=0.73; 95% CI=0.54–0.99). After adjusting for all covariables, participants in the third and fourth quartile of percentage of herbaceous cover showed a decline of 32% (95% CI=0.51–0.89) and 31% (95% CI=0.50–0.96), respectively, in the odds of abdominal obesity. There was borderline statistical significance in the association between the fourth quartile of percentage of herbaceous cover and low HDL-c (OR=0.74; 95% CI=0.52–1.05; p=0.097) (Table 3).

Table 3 – Cross-sectional association of NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover in neighborhood with prevalence of obesity, abdominal obesity and low HDL-c among participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008-2010.

Neighborhood greenspace	Obesity	Abdominal obesity	Low HDL-c
	N = 1997	N = 1997	N=1996
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<b>NDVI</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.83 (0.62 – 1.13)	0.94 (0.72 – 1.23)	0.85 (0.64 – 1.12)
Quartile 3	0.88 (0.65 – 1.19)	0.81 (0.62 – 1.06)	0.86 (0.65 – 1.15)
Quartile 4 (higher)	<b>0.64 (0.45 – 0.91)</b>	<b>0.62 (0.45 – 0.84)</b>	0.75 (0.54 – 1.04)
<b>Tree cover</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.83 (0.62 – 1.12)	0.87 (0.67 – 1.13)	1.00 (0.76 – 1.31)
Quartile 3	<b>0.68 (0.49 – 0.94)</b>	<b>0.63 (0.47 – 0.84)</b>	<b>0.73 (0.54 – 0.99)</b>
Quartile 4 (higher)	<b>0.51 (0.34 – 0.75)</b>	<b>0.58 (0.42 – 0.81)</b>	0.89 (0.63 – 1.26)
<b>Herbaceous cover</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	1.05 (0.78 – 1.40)	1.00 (0.77 – 1.30)	0.94 (0.71 – 1.24)
Quartile 3	0.79 (0.58 – 1.09)	<b>0.68 (0.51 – 0.89)</b>	0.89 (0.67 – 1.19)
Quartile 4 (higher)	0.84 (0.58 – 1.21)	<b>0.69 (0.50 – 0.96)</b>	0.74 (0.52 – 1.05)

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol.

Final models adjusted for gender, age, level of education and neighborhood average household income *per capita*.

The participants' mean follow-up time was 3.7 years (1.7 to 5.4 years) and the cumulative incidences of obesity, abdominal obesity, and low HDL-c were 6.5%, 16.8%, and 9.4%, respectively. In the crude model of the longitudinal analyses, those in the fourth quartile of NDVI showed a decline of 45% (95% CI=0.32–0.95) in the odds of developing low HDL-c (Table S3). However, this association lost statistical significance after adjustment for individual and contextual covariables (Table 4). No associations between the NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover were found with the other outcomes in the final model ( $p>0.05$ ) (Table 4).

No interaction between gender or neighborhood average household income *per capita* with NDVI was identified. In the sensitivity analyses considering continuous outcomes, no statistical evidence proved that neighborhood greenness accelerates the linear change in the outcomes over time (Table S4). The analyses considering all individuals, i.e., without restriction to a minimum length of five years of residence, attenuated the cross-sectional associations, with a loss of statistical significance in the association between the percentage of tree cover and low HDL-c and in the association between the fourth quartile of the percentage of herbaceous cover and abdominal obesity (Table S5). Moreover, no differences were found in the results of the

cross-sectional analyses using the 500-meter circular buffer around the centroid of the participant's census tract, defined as neighborhood.

Table 4 – Longitudinal association of NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover in the neighborhood with incidence of obesity, abdominal obesity and low HDL-c among participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008-2010 and 2012-2014.

Neighborhood greenspace	Obesity N = 1493	Abdominal obesity N = 1230	Low HDL-c N = 1417
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<b>NDVI</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	1.05 (0.62 – 1.77)	0.65 (0.42 – 1.02)	0.73 (0.43 – 1.22)
Quartile 3	0.72 (0.38 – 1.35)	0.88 (0.57 – 1.36)	0.94 (0.56 – 1.59)
Quartile 4 (higher)	0.91 (0.47 – 1.78)	0.82 (0.51 – 1.32)	0.70 (0.38 – 1.29)
<b>Tree cover</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.94 (0.57 – 1.56)	1.04 (0.68 – 1.59)	1.18 (0.70 – 1.99)
Quartile 3	0.56 (0.29 – 1.08)	0.68 (0.42 – 1.11)	1.49 (0.86 – 2.57)
Quartile 4 (higher)	0.53 (0.24 – 1.13)	0.69 (0.41 – 1.17)	0.92 (0.47 – 1.78)
<b>Herbaceous cover</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.70 (0.41 – 1.21)	0.88 (0.57 – 1.36)	1.03 (0.62 – 1.70)
Quartile 3	0.59 (0.32 – 1.10)	0.81 (0.51 – 1.29)	0.94 (0.55 – 1.61)
Quartile 4 (higher)	1.11 (0.58 – 2.13)	1.14 (0.69 – 1.88)	0.77 (0.40 – 1.47)

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol.

Final models adjusted for gender, age, level of education and neighborhood average household income *per capita*.

## DISCUSSION

This study investigated the cross-sectional and longitudinal associations between neighborhood greenspaces and selected cardiometabolic risk factors in adult participants from a large cohort living in one of the largest Brazilian capitals. In the cross-sectional analysis, only higher neighborhood greenness was associated with lower odds of obesity and abdominal obesity, even after adjustment for individual sociodemographic characteristics and neighborhood socioeconomic status. A borderline cross-sectional association was also found between the higher neighborhood greenness and lower odds of low HDL-c, after individual and contextual adjustments. Results indicate differences regarding the relationship of type of neighborhood greenspace and cardiometabolic risk factors. The analysis considering the tree cover showed results similar to those observed for neighborhood greenness, though showing greater magnitudes in the associations and indication of upward gradient, i.e., the greater the exposure, the greater the potential protection conferred by tree cover. No evidence was found of an interaction between neighborhood greenness and gender or neighborhood average

household income *per capita*. Finally, the longitudinal analysis failed to identify any statistically significant association between neighborhood greenspaces and the incidence of obesity, abdominal obesity, or low HDL-c, after considering all the covariables in the analysis.

The results of the present study agree with our hypothesis that a broader neighborhood greenspace was cross-sectionally associated with a lower prevalence of cardiometabolic risk factors. These results are also in accordance with a meta-analysis of one longitudinal and five cross-sectional studies, which found that higher levels of greenness are associated with lower odds of overweight/obesity<sup>12</sup>. Likewise, ecological and cross-sectional studies in North America showed associations between greater tree cover and lower BMI or odds of obesity<sup>9,52,53</sup>. The present study's results regarding neighborhood greenspace are in line with those from cross-sectional studies conducted in China, North America and England, which also found that an increase in greenspace was related to lower mean waist circumference or lower odds of abdominal obesity<sup>30,54,55</sup>, as well with lower odds of low HDL-c or hyperlipidemia<sup>16,17,25,56</sup>.

Despite not reaching statistical significance, our longitudinal results were, in general, in line with our hypothesis. It is possible that the effects of increased exposure to neighborhood greenspace in the prevention of cardiometabolic risk factors are not visible in short-term follow-up periods, like those in the present study. In Australian adults followed up for 3.5 years, a follow-up period similar to the present study, no association was found between greenness in public spaces and the risk of presenting abdominal obesity and dyslipidemia<sup>57</sup>. On the other hand, studies with European adult populations, with similar age groups to those of the present study, but with a greater number of participants and followed for more than 8 years, found that the increase in neighborhood greenness predicted a lower risk of abdominal obesity, a decreased waist circumference, and a lower risk of low HDL-c levels<sup>19,27</sup>.

Multiple mechanisms can contribute to the association of neighborhood greenspace with obesity, abdominal obesity, and low HDL-c. Neighborhood greenspace can facilitate or encourage the practice of outdoor physical activity, an association evidenced in a systematic review of longitudinal and experimental studies<sup>4</sup>. In addition, the presence of neighborhood greenspace seems to contribute to reducing noise, which would help to prevent sleep disorders or psychological stress, both associated with obesity<sup>58</sup>. Finally, neighborhood greenspaces act as structures that promote social interaction, thereby boosting social cohesion in neighborhoods. It seems that greater social cohesion is associated with the adoption of healthy behaviors due to social involvement, social support, and the exchange of information related to health promotion<sup>59</sup>.

The present study's findings suggest a differential contribution of each type of neighborhood greenspace. Tree cover seems more relevant for cardiometabolic health than does herbaceous cover, since the former presented stronger magnitudes of associations with the studied outcomes when compared to the latter, besides the indication of an upward gradient. It is suggested that this occurs because trees provide greater benefits to the health of individuals by serving as adequate structures for the practice of physical activity, providing shade and reducing temperature and air pollution<sup>7,8</sup>, especially in tropical countries like Brazil, in addition to being very esthetically pleasing. In fact, cross-sectional studies indicate that higher tree cover, but not grass cover, was associated with greater odds of self-reporting health as very good or excellent<sup>60</sup>, in addition to being more consistently associated with less overweight individuals in two North American cities<sup>9</sup>.

The present study's findings do not support our hypothesis about the variation in magnitude of associations according to the neighborhood's socioeconomic status. There are longitudinal and cross-sectional studies supporting the hypothesis that greenspaces play a greater role in the prevention of adiposity indicators among individuals residing in neighborhoods with poorer socioeconomic indicators<sup>6,27,30,55</sup>. This phenomenon has been called the 'equigenesis hypothesis', which suggests that features of the social, physical, or service environment could act to promote health equality<sup>61</sup>. It is possible that individuals residing in areas of greater purchasing power depend less on their neighborhood environment to perform physical activities or to have a healthier way of life. On the contrary, greenspace is often the only space available for leisure and physical activity in poorer neighborhoods, thus significantly improving the quality of life of individuals living in these areas<sup>6,62</sup>. In this study, the exclusion of neighborhood greenness from particular areas most likely contributed to the absence of interaction between neighborhood socioeconomic status and neighborhood greenness in the associations with the studied outcomes. Individuals residing in more affluent areas may also live in houses or buildings with more private greenspaces, such as gardens or backyards. Thus, our strategy for analyzing the exposure variable may have mitigated the heterogeneity in relation to neighborhood greenness.

In the present study, the association of neighborhood greenspaces with cardiometabolic risk factors was stronger among individuals who lived for at least five years at the same address. The choice of five years is arbitrary and may not represent the necessary exposure window. It is possible that this interval may vary according to the contextual characteristics considered, the outcome of interest, and the mechanisms involved in the association<sup>40</sup>. Studies on neighborhood greenspaces and health have considered a minimum length of residence ranging

from one to ten years<sup>17,63,64</sup>. Although the average length of residence is quite high in the present study (21 years), we cannot rule out that some individuals with comorbidities chose to live in greener neighborhoods so as to facilitate the practice of physical activity or a healthier way of life.

Obtaining geographic coordinates from a residential address (geocoding) has a logistic and financial advantage, but it may also produce a low accuracy, depending on the date and quality of the address base used for geocoding and the degree of urbanization of the individuals' place of residence<sup>65</sup>. Therefore, we conducted additional analyses in which the individuals studied were georeferenced at the centroid of census tracts, identified in the National Register of Addresses for Statistical Purposes of the Brazilian Institute of Geography and Statistics<sup>66</sup>. No statistically significant differences were observed in the cross-sectional and longitudinal results obtained by the two georeferencing methods (data not shown).

Among the strengths of the present study are the objective and standardized measurement of the outcomes, which contributed to the internal validity of the obtained results, in addition to the very low follow-up losses. Moreover, an objective measurement of neighborhood greenspace was used, reducing the possibility of measurement errors<sup>40</sup>. The use of images with good spatial resolution and the absence of cloud cover ensured a greater validity of our exposure variable. The exclusion of blocks and lots allowed us to evaluate only the neighborhood greenspaces located in public places, which are certainly more important for the health of the general population. Finally, the separate analysis of vegetation components contributed to understanding the role of tree cover and herbaceous cover as regards the relation between neighborhood greenspaces and cardiometabolic health, suggesting that tree cover is more relevant for health when compared with herbaceous cover.

Among the limitations, one should not rule out the possibility of self-selection bias, i.e., that participants with better health behaviors may choose to live in greener areas. However, it is well-known that individuals who live in poorer neighborhoods have less power of choice over where they live, and greenspaces may not be an important decision factor. Second, although the participants excluded due to a short length of residence do differ from those included in this study, especially as regards sociodemographic characteristics and abdominal obesity, they do not differ regarding greenspace exposure in visit 1. Thus, the exclusion only led to a reduction in statistical power. Third, other contextual variables that are important for cardiometabolic health could be spatially correlated to neighborhood greenspace, such as food outlets and physical activity facilities<sup>67</sup>. Although contextual information is not available to test such a possibility, our study did evaluate whether or not three individual-level variables on the

perceived availability of fruit and vegetable outlets, fast-food, and physical activity facilities<sup>68</sup> would impact the associations, but none of these variables changed the magnitude of the estimates obtained in the cross-sectional and longitudinal analyses (data not shown). Fourth, the workplace neighborhood was not evaluated, which may be relevant to cardiometabolic health. However, one cross-sectional study found a similar magnitude of association for a walking environment and obesity in both residential and work environments, and one should not disregard that this would also apply to our sample<sup>69</sup>. Fifth, the use of images taken at the end of winter, the driest period in the region, may have underestimated the neighborhood's greenspaces, but if this occurred, the effect was the same for the entire city. Finally, the satellite images refer to the year 2011, and do not reflect the exposure to neighborhood greenspaces for the entire length of residence of the participants. Furthermore, one study estimated a mean decrease of 1.9% per year in city greenspaces between 1986 and 2010<sup>70</sup>. Thus, it is possible that there was a small decrease in the exposure to neighborhood greenspaces before ELSA-Brasil visit 1, but it is impossible to know if this decrease affected all participants equally.

Despite these limitations, the present study supports the hypothesis that living close to public areas with greater vegetation coverage may contribute to the prevention of cardiometabolic risk factors. In tropical, low-income, and middle-income countries, it is possible that interventions to protect, improve, and increase the availability of greenspaces in urban areas are even more important for health, as the presence (and quality) of urban infrastructures are scarce and unequally distributed, favoring those who are already better off economically<sup>32,33</sup>.

## CONCLUSION

Cross-sectional results suggested that the increase in neighborhood greenspaces is associated with a better cardiometabolic risk profile, with lower odds of obesity, abdominal obesity, and low HDL-c. However, these results were not confirmed in the longitudinal analysis in the short follow-up period studied herein. Therefore, our results partially support the evidence that intersectoral urban interventions to expand public greenspaces may help to improve cardiometabolic health and reduce socio-environmental inequalities in health.

## REFERENCES

- 1- Tailor L, Hochuli DF. Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. *Landsc Urban Plan J.* 2017;154:25–38.  
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.024>
- 2- WHO Regional Office for Europe. *Urban green spaces and health.* Copenhagen: 2016.
- 3- Jia X, Yu Y, Xia W, Masri S, Sami M, Hu Z, et al. Cardiovascular diseases in middle aged and older adults in China: the joint effects and mediation of different types of physical exercise and neighborhood greenness and walkability. *Environ Res.* 2018;167:175–83. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.07.003>.
- 4- Kondo MC, Fluehr JM, McKeon T, Branas CC. Urban green space and its impact on human health. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15:445.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph15030445>.
- 5- Milà C, Ranzani O, Sanchez M, Ambrós A, Bhogadi S, Kinra S, et al. Land-use change and cardiometabolic risk factors in an urbanizing area of South India: A population-based cohort study. *Environ Health Perspect.* 2020;128:1–10.  
<https://doi.org/10.1289/EHP5445>.
- 6- Markevych I, Schoierer J, Hartig T, Chudnovsky A, Hystad P, Dzhambov AM, et al. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environ Res.* 2017;158:301–317.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.028>.
- 7- Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM, Pullin AS. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landsc Urban Plan.* 2010;97:147–55. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>.
- 8- Kumar P, Druckman A, Gallagher J, Gatersleben B, Allison S, Eisenman TS, et al. The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environ Int.* 2019;133:105181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181>.
- 9- Tsai WL, Davis AJS, Jackson LE. Associations between types of greenery along neighborhood roads and weight status in different climates. *Urban For Urban Green.* 2019;41:104–17. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.011>.
- 10- Browning M, Lee K. Within what distance does “greenness” best predict physical health? A systematic review of articles with gis buffer analyses across the lifespan. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14:675. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070675>.
- 11- Fong KC, Hart JE, James P. A Review of Epidemiologic Studies on Greenness and Health: Updated Literature Through 2017. *Curr Environ Heal Reports.* 2018;5:77–87.  
<https://doi.org/10.1007/s40572-018-0179-y>.
- 12- Luo Y-N, Huang W-Z, Liu X-X, Markevych I, Bloom MS, Zhao T, et al. Greenspace with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies up to 2020. *Obes Ver.* 2020;21:1–28.  
<https://doi.org/10.1111/obr.13078>.

- 13- Rhew IC, Stoep A Vander, Kearney A, Smith NL, Dunbar MD. Validation of the Normalized Difference Vegetation Index as a measure of neighborhood greenness. *Ann Epidemiol.* 2011;21:946–952. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2011.09.001>.
- 14- World Health Organization. Noncommunicable diseases 2018. [online]. Geneva: WHO, 2018. [accessed January 16, 2021]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- 15- Diez-Roux AV, Mair C. Neighborhoods and health. *Ann N Y Acad Sci.* 2010;1186:125–145. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05333.x>.
- 16- Fan S, Yang B-Y, Xue Z, Huang W-Z, Zhou Z, Yuan J, et al. Associations between residential greenness and blood lipids in Chinese Uyghur adults. *Environ Int.* 2020;142:105903. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105903>.
- 17- Yang BY, Markevych I, Heinrich J, Bloom MS, Qian Z, Geiger SD, et al. Residential greenness and blood lipids in urban-dwelling adults: The 33 Communities Chinese Health Study. *Environ Pollut.* 2019;250:14–22. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.128>.
- 18- Twohig-Bennett C, Jones A. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environ Res.* 2018;166:628–637. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.030>.
- 19- Keijzer C, Basagaña X, Tonne C, Valentín A, Alonso J, Antó JM, et al. Long-term exposure to greenspace and metabolic syndrome: A Whitehall II study. *Environ Pollut.* 2019;255:113231. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113231>.
- 20- Dennis M, Cook PA, James P, Wheeler CP, Lindley SJ. Relationships between health outcomes in older populations and urban green infrastructure size, quality and proximity. *BMC Public Health.* 2020;20. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08762-x>.
- 21- Wu Z, Song Y, Wang H-L, Zhang F, Li F-H, Wang Z-Y. Influence of the built environment of Nanjing's Urban Community on the leisure physical activity of the elderly: An empirical study. *BMC Public Health.* 2019;19:1459. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7643-y>.
- 22- Astell-Burt T, Feng X, Mavoa S, Badland HM, Giles-Corti B. Do low-income neighbourhoods have the least green space? A cross-sectional study of Australia's most populous cities. *BMC Public Health.* 2014;14:292. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-292>.
- 23- Boone-Heinonen J, Diez-Roux AV, Kiefe CI, Lewis CE, David K, Gordon-larsen P. Neighborhood socioeconomic status predictors of physical activity through young to middle adulthood: The CARDIA Study. *Soc Sci Med.* 2011;72:641–649. <https://doi.org/10.1016/j.s10.1016/j.socscimed.2010.12.013>.
- 24- Dubowitz T, Heron M, Bird CE, Lurie N, Finch BK, Basurto-Dávila R, et al. Neighborhood socioeconomic status and fruit and vegetable intake among whites, blacks, and Mexican Americans in the United States. *Am J Clin Nutr.* 2008;87:1883–1891. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.6.1883>.

- 25- Brown SC, Lombard J, Wang K, Byrne MM, Toro M, Plater-Zyberk E, et al. Neighborhood greenness and chronic health conditions in medicare beneficiaries. *Am J Prev Med.* 2016;51:78–89. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2016.02.008>.
- 26- Mitchell R, Popham F. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *Lancet.* 2008;372:1655–1660. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61689-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61689-X).
- 27- Persson A, Pyko A, Lind T, Bellander T, Östenson CG, Pershagen G, et al. Urban residential greenness and adiposity: A cohort study in Stockholm County. *Environ Int.* 2018;121:832–841. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.009>.
- 28- Crouse DL, Pinault L, Balram A, Hystad P, Peters PA, Chen H, et al. Urban greenness and mortality in Canada’s largest cities: a national cohort study. *Lancet Planet Heal.* 2017;1:e289–e297. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30118-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30118-3).
- 29- Bolte G, Nanninga S, Dandolo L. Sex/Gender Differences in the Association between Residential Green Space and Self-Rated Health — A Sex/Gender-Focused Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16:4818. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234818>.
- 30- Huang W-Z, Yang B-Y, Yu H-Y, Bloom MS, Markevych I, Heinrich J, et al. Association between community greenness and obesity in urban-dwelling Chinese adults. *Sci Total Environ.* 2020;702:135040. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135040>.
- 31- MacBride-Stewart S, Gong Y, Antell J. Exploring the interconnections between gender, health and nature. *Public Health.* 2016;141:279–286. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.09.020>.
- 32- Adams MA, Frank LD, Schipperijn J, Smith G, Chapman J, Christiansen LB, et al. International variation in neighborhood walkability, transit, and recreation environments using geographic information systems: the IPEN adult study. *Int J Health Geogr.* 2014;13:43. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/1476-072X-13-43>.
- 33- Rigolon A, Browning MH, Lee K, Shin S. Access to Urban Green Space in Cities of the Global South: A Systematic Literature Review. *Urban Sci.* 2018;2:67. <https://doi.org/10.3390/urbansci2030067>.
- 34- Brazilian Institute of Geography and Statistics. Population and Household Characteristics: Results of the Universe – Aggregated by Census Tracts. [online database]. Rio de Janeiro: 2011. [accessed 1.16.21]. Available: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>
- 35- Brazilian Institute of Geography and Statistics. Cities 2017. [online]. [accessed April 21, 2022]. Available: <https://cidades.ibge.gov.br/>.
- 36- United Nations Development Programme, 2010. [online]. [accessed January 16, 2021]. Available: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta>.
- 37- United Nations Development Programme. Human Development Index (HDI) 2021. [online]. [accessed 5.06.21]. Available: <http://hdr.undp.org/en/content/human->

- development-index-hdi.
- 38- Aquino EML, Barreto SM, Bensenor IM, Carvalho MS, Chor D, Duncan BB, et al. Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil): Objectives and design. *Am J Epidemiol*. 2012;175:315–24. <https://doi.org/10.1093/aje/kwr294>.
  - 39- Braun LM, Rodríguez DA, Evenson KR, Hirsch JA, Moore KA, Diez Roux AV. Walkability and cardiometabolic risk factors: Cross-sectional and longitudinal associations from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Health Place*. 2016;39:9–17. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.02.006>.
  - 40- Diez-Roux AV. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? *J Epidemiol Public Health*. 2007;55:13–21.
  - 41- Moura ACM, Freire GJM, Oliveira RH, Santana SA, Pereira MF, Soares AME, et al. Geoprocessing applied to policies decision support to the Vila Viva Program in Belo Horizonte-MG, Brasil: intervention in precarious settlements. *Rev Bras Cartogr*. 2009;61:177–188.
  - 42- National Institute for Space Research. [online]. RapidEye 2021. [accessed January 16, 2021]. Available: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/rapideye>.
  - 43- Jensen JR. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2nd ed. Pearson: Harlow; 2007.
  - 44- Maantay JA, McLafferty S. *Geospatial Analysis of Environmental Health*. New York: Springer; 2011.
  - 45- Rocha NA, Sena ÍS, Casagrande PB, Castro MM, Fonseca BM, Moura ACM. Studies of Volumetric Relation Between Vegetation and Buildings Using Lidar Data and NDVI to Propose Urban Parameters. *RBC*. 2017;69:1456–1475.
  - 46- Lohman TG, Roche AF, Martorell R. *Anthropometric Standardization Reference Manual*. Champaign: Human Kinetics; 1998.
  - 47- Mill JG, Pinto K, Griep RH, Goulart A, Foppa M, Lotufo PA, et al. Medical assessments and measurements in ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica*. 2013;47:54–62. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047003851>.
  - 48- Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III). *J Am Med Assoc*. 2001;285:2486–2497. <https://doi.org/10.110.1001/jama.285.19.2486>.
  - 49- Fedeli LG, Vidigal PG, Leite CM, Castilhos CD, Pimentel RA, Maniero VC, et al. Logistics of collection and transportation of biological samples and the organization of the central laboratory in the ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica*. 2013;47:63–71. <https://doi.org/10.1590/s0034-8910.2013047003807>.
  - 50- Faludi AA, Izar MCO, Saraiva JFK, Chacra APM, Bianco HT, Afiune Neto A, et al. Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose –

2017. *Arq Bras Cardiol.* 2017;109:1–76. <https://doi.org/10.5935/abc.20170121>.
- 51- NASA's Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center. ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected hi\_res. Includes Material © JAXA/METI 2007 2011. [online database]. [accessed January 16, 2021]. Available: [https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS&zoom=7.297445380270126&center=-43.631171,-20.956665&polygon=POLYGON\(\(-44.391 -20.2999,-43.5775 -20.2999,-43.5775 -19.5435,-44.391 -19.5435,-44.391 -20.2999\)\)&end=2011-04-21T23:59:00Z&start=2011-01-01T00:00:00Z](https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS&zoom=7.297445380270126&center=-43.631171,-20.956665&polygon=POLYGON((-44.391 -20.2999,-43.5775 -20.2999,-43.5775 -19.5435,-44.391 -19.5435,-44.391 -20.2999))&end=2011-04-21T23:59:00Z&start=2011-01-01T00:00:00Z)
- 52- Lovasi GS, Bader MDM, Quinn J, Neckerman K, Weiss C, Rundle A. Body Mass Index, Safety Hazards, and Neighborhood Attractiveness. *Am J Prev Med.* 2012;43:378–384. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.06.018>.
- 53- Tsai W-L, Floyd MF, Leung Y-F, McHale MR, Reich BJ. Urban Vegetative Cover Fragmentation in the U.S.: Associations with Physical Activity and BMI. *Am J Prev Med.* 2016;50:509–517. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.09.022>.
- 54- Lee JJ, Hwang SJ, Mutalik K, Corey D, Joyce R, Block JP, et al. Association of built environment characteristics with adiposity and glycaemic measures. *Obes Sci Pract.* 2017;3:333–341. <https://doi.org/10.1002/osp4.115>.
- 55- Sarkar C. Residential greenness and adiposity: Findings from the UK Biobank. *Environ Int.* 2017;106:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.05.016>.
- 56- Kim HJ, Min JY, Kim HJ, Min KB. Parks and green areas are associated with decreased risk for hyperlipidemia. *Int J Environ Res Public Health.* 2016;13:1205. <https://doi.org/10.3390/ijerph13121205>.
- 57- Paquet C, Coffee NT, Haren MT, Howard NJ, Adams RJ, Taylor AW, et al. Food environment, walkability, and public open spaces are associated with incident development of cardio-metabolic risk factors in a biomedical cohort. *Heal Place* 2014;28:173–176. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.05.001>.
- 58- Pyko A, Eriksson C, Lind T, Mitkovskaya N, Wallas A, Ögren M, et al. Long-Term Exposure to Transportation Noise in Relation to Development of Obesity—a Cohort Study. *Environ Health Perspect.* 2017;125:117005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1289/EHP1910>.
- 59- Jennings V, Bamkole O. The relationship between social cohesion and urban green space: An avenue for health promotion. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16:452. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030452>.
- 60- Reid CE, Clougherty JE, Shmool JLC, Kubzansky LD. Is all urban green space the same? A comparison of the health benefits of trees and grass in New York city. *Int J Environ Res Public Health.* 2017;14:1411. <https://doi.org/10.3390/ijerph14111411>.
- 61- Mitchell R. What is Equigenesis and how might it help narrow health inequalities? 2013.[online]. [accessed March 17, 2022]. Available: <https://cresh.org.uk/2013/11/08/wh%0Aat-is-equigenesis-and-how-might-it-help-narrow-health-inequalities/#comments>.

- 62- Ganzleben C, Kazmierczak A. Leaving no one behind - Understanding environmental inequality in Europe. *Environ Heal*. 2020;19:57. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00600-2>.
- 63- O'Callaghan-Gordo C, Espinosa A, Valentin A, Tonne C, Pérez-Gómez B, Castaño-Vinyals G, et al. Green spaces, excess weight and obesity in Spain. *Int J Hyg Environ Health*. 2020;223:45–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.10.007>.
- 64- Ulmer JM, Wolf KL, Backman DR, Tretheway RL, Blain CJ, O'Neil-Dunne JP, et al. Multiple health benefits of urban tree canopy: The mounting evidence for a green prescription. *Heal Place*. 2016;42:54–62. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.08.011>.
- 65- Bonner MR, Han D, Nie J, Rogerson P, Vena JE, Freudenheim JL. Positional accuracy of geocoded addresses in epidemiologic research. *Epidemiology*. 2003;14:408–412. <https://doi.org/10.1097/01.EDE.0000073121.63254.c5>.
- 66- Brazilian Institute of Geography and Statistics. National Register of Addresses for Statistical Purposes (CNEFE) 2010. [online database]. IBGE, 2010. [accessed January 16, 2021]. Available: <https://censo2010.ibge.gov.br/cnefe/>.
- 67- Shiba K, Hanazato M, Aida J, Kondo K, Arcaya M, James P, et al. Cardiometabolic profiles and change in neighborhood food and built environment among older adults: A natural experiment. *Epidemiology*. 2020;31:758–767. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001243>.
- 68- Santos SM, Griep RH, Cardoso LO, Alves MG, Fonseca MJ, Giatti L, et al. Cross-cultural adaptation and reliability of measurements on self-reported neighborhood characteristics in ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica*. 2013;47:122–130. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047003871>.
- 69- Moore K, Diez Roux AV, Auchincloss A, Evenson KR, Kaufman J, Mujahid M, et al. Home and work environments in relation to Body Mass Index: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *J Epidemiol Community Health*. 2013;67:846–853. <https://doi.org/10.1136/jech-2013-202682>.
- 70- Rodrigues R de Á, Delgado RC, Santos RS dos, Faria ALL de. Evolução espaço-temporal de áreas densamente verdes em Belo Horizonte, MG utilizando técnicas de sensoriamento remoto. *Rev Geogr*. 2013;30:139–152.

## Supplementary Material

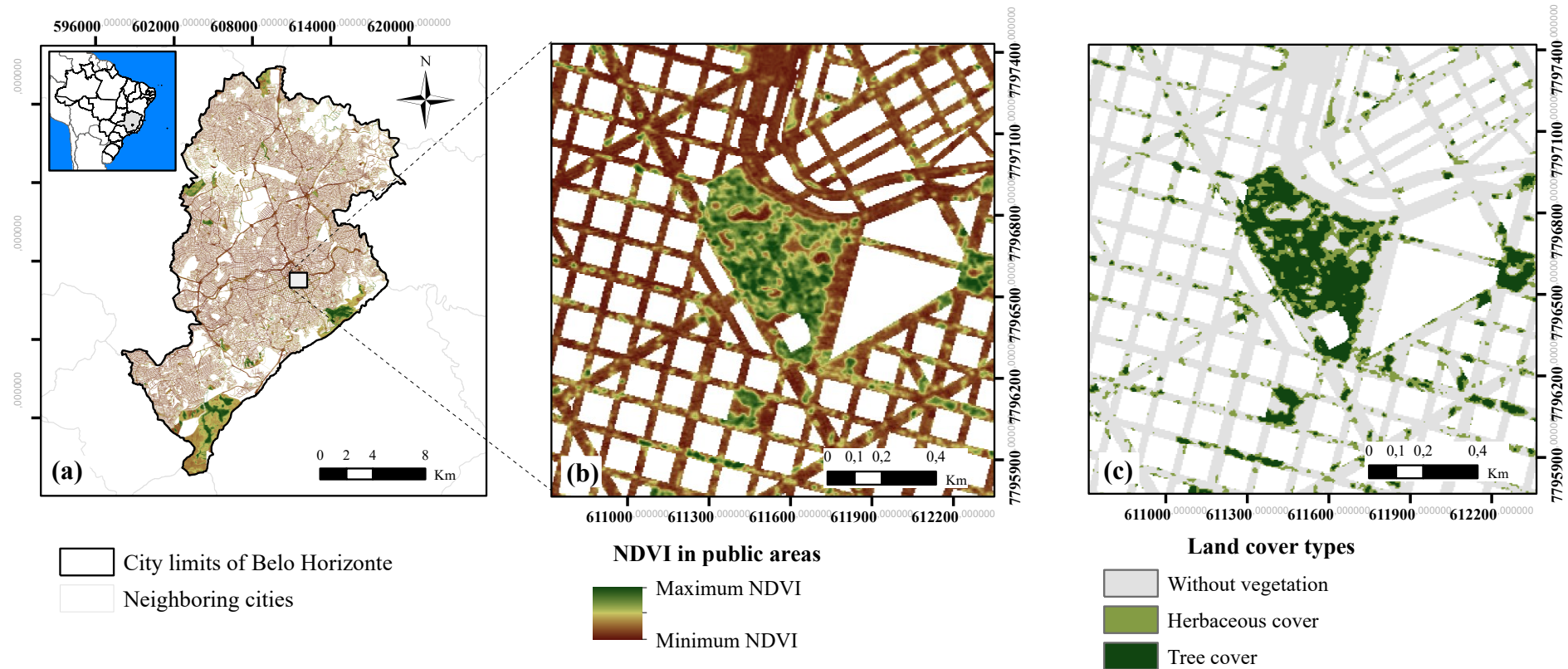


Figure S1 – City limits of Belo Horizonte (a), NDVI values (b) and land cover types (c). Brazil. 2011.

Table S1 – Distribution of characteristics of the participants according to length of residence at the same address in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008-2010.

Variables	Length of residence < 5 years N = 546	Length of residence ≥ 5 years N= 1997	p-value*
<b>Individual variables</b>			
Women (%)	48.0	55.9	<b>0.001</b>
Age (Years), median (IQR)	47 (12)	53 (13)	<b>&lt; 0.001</b>
Level of education (%)			
University degree	71.4	63.1	
Complete secondary school	24.2	29.2	
Complete elementary school	2.6	3.9	<b>0.001</b>
Incomplete elementary school	1.8	3.8	
Obesity (%)	18.5	20.8	0.247
Abdominal obesity (%)	30.2	35.3	<b>0.027</b>
Low HDL-c (%)	24.4	25.4	0.619
<b>Contextual variables</b>			
NDVI, median (IQR)	-0.0438 (0.0441)	-0.0458 (0.0398)	0.861
Tree cover (%), median (IQR)	2.07 (3.05)	1.92 (3.41)	0.134
Herbaceous cover (%), median (IQR)	9.51 (7.32)	9.32 (7.15)	0.596
Slope of the nearest street segment (%), median (IQR)	5.67 (7.07)	5.44 (7.32)	0.890
Neighborhood average household income <i>per capita</i> (US\$) <sup>†</sup> , median (IQR)	953.29 (717.54)	848.92 (840.08)	<b>&lt; 0.001</b>

HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol; NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; IQR: Interquartile Range (P<sub>75</sub> – P<sub>25</sub>)

\* Pearson's chi-squared or Mann-Whitney test

<sup>†</sup>Quote BRL/USD on 06-30-2010: 1.80

Table S2 – Cross-sectional associations (crude analyses and adjusted analyses for sociodemographic variables) of NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover in neighborhood with prevalence of obesity, abdominal obesity and low HDL-c among participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008-2010.

Neighborhood greenspace	Obesity	Abdominal obesity	Low HDL-c
	N = 1997	N = 1997	N=1996
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<b>NDVI</b>			
<b>Model 0</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.86 (0.64 – 1.16)	0.94 (0.73 – 1.21)	0.88 (0.66 – 1.15)
Quartile 3	0.81 (0.60 – 1.10)	0.80 (0.62 – 1.04)	0.82 (0.62 – 1.08)
Quartile 4 (higher)	<b>0.52 (0.38 – 0.72)</b>	<b>0.61 (0.46 – 0.79)</b>	<b>0.65 (0.48 – 0.86)</b>
<b>Model 1</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.84 (0.62 – 1.13)	0.94 (0.72 – 1.23)	0.85 (0.64 – 1.12)
Quartile 3	0.81 (0.60 – 1.09)	0.77 (0.59 – 1.01)	0.82 (0.62 – 1.09)
Quartile 4 (higher)	<b>0.53 (0.38 – 0.74)</b>	<b>0.55 (0.42 – 0.73)</b>	<b>0.68 (0.51 – 0.91)</b>
<b>Tree cover</b>			
<b>Model 0</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.86 (0.64 – 1.14)	0.93 (0.72 – 1.20)	0.99 (0.75 – 1.30)
Quartile 3	<b>0.65 (0.48 – 0.88)</b>	<b>0.67 (0.52 – 0.87)</b>	<b>0.67 (0.50 – 0.90)</b>
Quartile 4 (higher)	<b>0.45 (0.33 – 0.62)</b>	<b>0.62 (0.47 – 0.80)</b>	0.75 (0.57 – 1.00)
<b>Model 1</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.83 (0.62 – 1.11)	0.86 (0.66 – 1.12)	0.99 (0.75 – 1.31)
Quartile 3	<b>0.64 (0.47 – 0.87)</b>	<b>0.60 (0.46 – 0.79)</b>	<b>0.69 (0.51 – 0.92)</b>
Quartile 4 (higher)	<b>0.45 (0.32 – 0.63)</b>	<b>0.53 (0.40 – 0.71)</b>	0.80 (0.59 – 1.08)
<b>Herbaceous cover</b>			
<b>Model 0</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	1.06 (0.79 – 1.42)	0.99 (0.76 – 1.27)	0.93 (0.71 – 1.23)
Quartile 3	0.73 (0.54 – 1.00)	<b>0.68 (0.53 – 0.89)</b>	0.84 (0.63 – 1.11)
Quartile 4 (higher)	<b>0.65 (0.47 – 0.89)</b>	<b>0.65 (0.50 – 0.85)</b>	<b>0.63 (0.47 – 0.85)</b>
<b>Model 1</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	1.04 (0.78 – 1.40)	1.00 (0.77 – 1.29)	0.94 (0.71 – 1.24)
Quartile 3	0.73 (0.53 – 1.00)	<b>0.65 (0.49 – 0.85)</b>	0.87 (0.65 – 1.15)
Quartile 4 (higher)	<b>0.66 (0.48 – 0.92)</b>	<b>0.61 (0.46 – 0.81)</b>	<b>0.68 (0.50 – 0.92)</b>

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol.

Model 0: crude analysis.

Model 1: adjusted for gender, age and level of education.

Table S3 – Longitudinal associations (crude analyses and adjusted analyses for sociodemographic variables) of NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover in the neighborhood with incidence of obesity, abdominal obesity and low HDL-c among participants living in Belo Horizonte, ELSA-Brasil, 2008-2010 and 2012-2014.

Neighborhood greenspace	Obesity	Abdominal obesity	Low HDL-c
	N = 1493	N = 1230	N = 1417
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<b>NDVI</b>			
<b>Model 0</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	1.16 (0.69 – 1.94)	0.67 (0.43 – 1.04)	0.77 (0.46 – 1.27)
Quartile 3	0.56 (0.30 – 1.03)	0.94 (0.62 – 1.42)	0.82 (0.50 – 1.35)
Quartile 4 (higher)	0.55 (0.29 – 1.02)	0.91 (0.60 – 1.37)	<b>0.55 (0.32 – 0.95)</b>
<b>Model 1</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	1.06 (0.63 – 1.79)	0.66 (0.42 – 1.03)	0.73 (0.43 – 1.22)
Quartile 3	0.64 (0.34 – 1.19)	0.93 (0.61 – 1.41)	0.93 (0.56 – 1.55)
Quartile 4 (higher)	0.69 (0.37 – 1.30)	0.89 (0.58 – 1.36)	0.68 (0.39 – 1.20)
<b>Tree cover</b>			
<b>Model 0</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.87 (0.53 – 1.44)	1.09 (0.72 – 1.65)	1.10 (0.66 – 1.84)
Quartile 3	<b>0.41 (0.22 – 0.76)</b>	0.85 (0.55 – 1.31)	1.17 (0.71 – 1.95)
Quartile 4 (higher)	<b>0.33 (0.17 – 0.63)</b>	0.91 (0.59 – 1.40)	0.65 (0.37 – 1.16)
<b>Model 1</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.93 (0.56 – 1.53)	1.07 (0.70 – 1.62)	1.18 (0.70 – 1.98)
Quartile 3	<b>0.49 (0.26 – 0.92)</b>	0.80 (0.51 – 1.25)	1.45 (0.86 – 2.44)
Quartile 4 (higher)	<b>0.42 (0.21 – 0.83)</b>	0.87 (0.55 – 1.37)	0.87 (0.48 – 1.59)
<b>Herbaceous cover</b>			
<b>Model 0</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.67 (0.39 – 1.14)	0.91 (0.59 – 1.40)	0.96 (0.59 – 1.58)
Quartile 3	<b>0.42 (0.23 – 0.77)</b>	0.88 (0.57 – 1.36)	0.78 (0.47 – 1.31)
Quartile 4 (higher)	<b>0.52 (0.29 – 0.91)</b>	1.21 (0.80 – 1.83)	0.58 (0.33 – 1.01)
<b>Model 1</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.69 (0.40 – 1.19)	0.88 (0.57 – 1.37)	1.03 (0.62 – 1.70)
Quartile 3	<b>0.50 (0.27 – 0.93)</b>	0.83 (0.53 – 1.30)	0.94 (0.56 – 1.60)
Quartile 4 (higher)	0.72 (0.40 – 1.31)	1.20 (0.78 – 1.84)	0.77 (0.44 – 1.37)

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol.

Model 0: crude analysis.

Model 1: adjusted for gender, age and level of education.

Table S4 – Longitudinal association\* of NDVI in the neighborhood at visit 1 with BMI, waist circumference and HDL-c changes in time interval between visits of participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008-2010 and 2012-2014.

Neighborhood greenspace	BMI (Kg/m <sup>2</sup> )	Waist circumference (cm)	HDL-c (mg/dL)
	N = 1996	N = 1997	N = 1997
	$\beta$ (95% CI)	$\beta$ (95% CI)	$\beta$ (95% CI)
Intercept	23.92 (22.13 – 25.72) <sup>†</sup>	76.67 (71.61 – 81.73) <sup>†</sup>	48.29 (42.30 – 54.28) <sup>†</sup>
NDVI			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	-1.166 (-3.645 – 1.312)	-3.114 (-10.153 – 3.924)	2.876 (-5.537 – 11.290)
Quartile 3	0.348 (-2.139 – 2.837)	0.206 (-6.858 – 7.270)	1.226 (-7.188 – 9.640)
Quartile 4 (higher)	-0.393 (-2.912 – 2.126)	-0.838 (-7.977 – 6.300)	6.348 (-2.134 – 14.831)
Time (Years)	0.066 (0.034 – 0.097) <sup>†</sup>	0.403 (0.313 – 0.493) <sup>†</sup>	-0.042 (-0.149 – -0.064)
NDVI x time			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.019 (-0.025 – 0.064)	0.049 (-0.078 – 0.177)	-0.058 (-0.211 – 0.094)
Quartile 3	-0.017 (-0.061 – 0.026)	-0.036 (-0.163 – 0.089)	0.002 (-0.148 – 0.153)
Quartile 4 (higher)	-0.006 (-0.050 – 0.037)	-0.018 (-0.143 – 0.107)	-0.068 (-0.218 – 0.087)

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; BMI: Body Mass Index; HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol.

\*Final models adjusted for gender, age, level of education, neighborhood average household income *per capita* and interaction term (NDVI x time)

<sup>†</sup>p<0.001

Table S5- Cross-sectional association of NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover of the neighborhood with prevalence of obesity, abdominal obesity and low HDL-c among all participants living (< 5 years and  $\geq$  5 years) in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008-2010.

Neighborhood greenspace	Obesity	Abdominal obesity	Low HDL-c
	N=2542	N=2543	N=2542
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<b>NDVI</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.81 (0.61 – 1.06)	0.83 (0.66 – 1.05)	0.82 (0.64 – 1.05)
Quartile 3	0.94 (0.72 – 1.24)	0.84 (0.66 – 1.07)	0.81 (0.63 – 1.55)
Quartile 4 (higher)	<b>0.73 (0.53 – 0.99)</b>	<b>0.70 (0.53 – 0.91)</b>	0.87 (0.65 – 1.15)
<b>Tree cover</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	0.80 (0.61 – 1.04)	0.88 (0.69 – 1.11)	1.01 (0.79 – 1.30)
Quartile 3	<b>0.78 (0.58 – 1.04)</b>	<b>0.69 (0.54 – 0.90)</b>	0.79 (0.60 – 1.04)
Quartile 4 (higher)	<b>0.64 (0.46 – 0.90)</b>	<b>0.69 (0.51 – 0.92)</b>	0.95 (0.70 – 1.29)
<b>Herbaceous cover</b>			
Quartile 1 (lower)	-	-	-
Quartile 2	1.07 (0.82 – 1.39)	0.94 (0.74 – 1.19)	0.95 (0.74 – 1.21)
Quartile 3	0.97 (0.73 – 1.29)	<b>0.75 (0.58 – 0.96)</b>	0.87 (0.67 – 1.12)
Quartile 4 (higher)	0.89 (0.63 – 1.23)	0.75 (0.57 – 1.00)	0.89 (0.66 – 1.20)

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol.

Final models adjusted for gender, age, level of education and neighborhood average household income *per capita*.

## 6.2 Artigo 2

### **Título: Áreas verdes da vizinhança e trajetória de prática de atividade física no lazer em 8 anos de seguimento de participantes do ELSA-Brasil**

#### **RESUMO**

**Introdução:** As áreas verdes em ambientes urbanos podem proporcionar condições favoráveis à adoção e manutenção de comportamentos saudáveis como a prática de atividade física. **Objetivos:** Investigar se as áreas verdes associam-se com a trajetória de atividade física e verificar se essa associação é independente da percepção de segurança na vizinhança, presença de calçadas e iluminação pública e condição socioeconômica da vizinhança. **Métodos:** Incluiu 4800 participantes do Estudo Longitudinal do Adulto (ELSA-Brasil) residentes em Belo Horizonte e São Paulo avaliados nas visitas 1 (2008-2010), 2 (2012-2014) e 3 (2017-2019) do estudo, aproximadamente oito anos de seguimento. Áreas verdes foram categorizadas em quartis do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) médio das áreas públicas em *buffer* circular residencial de 500 metros. A trajetória de atividade física foi classificada segundo o número de visitas em que o indivíduo praticou atividade moderada/vigorosa: a) nenhuma; b) 1/2 visitas; c) 3 visitas. A magnitude da associação obtida por regressão logística multinomial ajustada por idade, sexo, escolaridade, centro de pesquisa e residência em áreas de favelas e demais covariáveis individuais e contextuais. **Resultados:** Após ajustes por variáveis individuais, comparados aos participantes do primeiro quartil, os do terceiro e quarto quartis de NDVI tiveram, respectivamente, 35% (IC95%=1,02–1,78) e 54% (IC95%=1,17–2,02) maiores chances de praticar atividade física em 3 visitas, comparado a quem não praticou atividade física em nenhuma visita. Os ajustes em modelos separados por percepção de segurança na vizinhança, presença de calçadas e iluminação pública não alteraram a magnitude da associação; mas essa associação não foi independente da renda domiciliar *per capita* média da vizinhança, com associações limítrofes para participantes do quarto quartil de NDVI (OR=1,29; p=0,082). **Conclusões:** Resultados apontam que maior quantidade de áreas verdes contribui para a manutenção de atividade física adequada em oito anos de seguimento e reforçam a importância de políticas públicas para redução das iniquidades na distribuição de fatores ambientais, em particular as áreas verdes, para estimular a manutenção da atividade física.

**PALAVRAS-CHAVE:** Áreas verdes; Atividade física; Ambiente construído; Segurança percebida; Condição socioeconômica da vizinhança

#### **INTRODUÇÃO**

A prática regular de atividade física pode reduzir o risco de doenças cardiometabólicas e de alguns tipos de câncer, além de contribuir para a melhor saúde física e mental<sup>1,2</sup>. No entanto, em 2016, cerca de 28% da população adulta praticava atividade física de forma insuficiente no mundo, e o Brasil destacava-se negativamente com uma prevalência de 47%<sup>3</sup>. Intervenções a nível individual tem se mostrado limitadas

para reduzir a inatividade física, crescendo o interesse em estudar a influência do ambiente político, social/cultural e físico construído sobre a prática de atividade física<sup>4</sup>.

As áreas verdes podem proporcionar um ambiente favorável à prática de atividade física ao estimular o convívio social e reduzir o estresse psicológico e o dano ambiental causado pela poluição atmosférica ou sonora<sup>5</sup>. Consideradas um componente do ambiente construído em áreas urbanas, a quantidade de vegetação presente em espaços públicos da vizinhança como parques, praças ou ruas arborizadas<sup>6,7</sup> tem sido associada à prática de atividade física no lazer em estudos transversais<sup>8,9</sup> e longitudinais<sup>10,13,14,15,16</sup>. Alguns experimentos naturais mostraram que intervenções como a construção de vias arborizadas podem induzir a prática de atividade física moderada/vigorosa entre adultos no período pós-intervenção<sup>11,12</sup>. Porém, estudos observacionais longitudinais têm indicado que a maior quantidade de áreas verdes na vizinhança influencia a persistência da prática de atividade física em adultos<sup>13,14</sup>, mas não o engajamento nesse comportamento ao longo do tempo<sup>15,16</sup>. Portanto, é possível que as áreas verdes sejam mais importantes para a manutenção da atividade física entre aqueles que já são ativos<sup>17</sup>.

Outros aspectos do ambiente construído, como a infraestrutura para pedestres e a ambiência urbana podem atuar conjuntamente às áreas verdes e influenciar a prática de atividade física<sup>18</sup>. A disponibilidade e qualidade da iluminação pública e das calçadas, por exemplo, têm sido associadas à maior prática de atividade física<sup>19</sup>. Entretanto, existem marcadas iniquidades na distribuição das áreas verdes e outros recursos ambientais, notadamente mais escassos em vizinhanças em desvantagens socioeconômicas<sup>20,21</sup>. Entre essas vizinhanças, as favelas ou assentamentos informais destacam-se pela elevada aglomeração na ocupação do espaço urbano, ausência de equipamentos públicos e saneamento, constituindo áreas muito vulneráveis<sup>22</sup>. Viver em uma vizinhança de pior condição socioeconômica pode gerar estresse psicológico, por si só, contribuindo para comportamentos como a inatividade física<sup>23</sup>. Dessa forma, a investigação sobre a influência das áreas verdes na prática da atividade física necessita considerar simultaneamente o papel de fatores contextuais socioeconômicos e do ambiente construído da vizinhança.

Adicionalmente, a percepção de insegurança em decorrência dos atributos físicos das próprias áreas verdes ou da ocorrência de crimes ou desordem física e/ou social na vizinhança pode influenciar o uso das áreas verdes<sup>24,25</sup>. A percepção de um ambiente inseguro pode também coibir a prática de atividade física em locais públicos<sup>26,27</sup>,

especialmente em cidades com maiores índices de criminalidade, como algumas capitais brasileiras<sup>28</sup>.

As evidências sobre os benefícios das áreas verdes para a saúde têm sido majoritariamente produzidas em países de renda alta e pouco explorada em países de baixa e média renda, como o Brasil. Adicionalmente, as grandes cidades brasileiras são marcadas por um processo de urbanização acelerado e desordenado<sup>29</sup>, baixa quantidade de áreas verdes<sup>30,31,32</sup> e acentuada desigualdade social no acesso a estruturas urbanas adequadas, incluindo as áreas verdes<sup>33</sup>. Sendo assim, este estudo tem como objetivos: 1) investigar se áreas verdes da vizinhança estão associadas à trajetória de atividade física moderada/vigorosa em aproximadamente oito anos de seguimento em adultos residentes em duas grandes metrópoles brasileiras; 2) investigar se esta associação é independente da percepção de segurança na vizinhança, da presença de calçadas e iluminação pública e da condição socioeconômica da vizinhança. Hipotetiza-se que a exposição à maior quantidade de áreas verdes da vizinhança está associada à melhor trajetória de prática de atividade física, independente da percepção de segurança na vizinhança, da presença de calçadas e iluminação pública e da condição socioeconômica da vizinhança.

## MÉTODOS

### *População e desenho do estudo*

Este é um estudo de delineamento longitudinal conduzido com dados de participantes do ELSA-Brasil residentes nas cidades de Belo Horizonte e São Paulo, Brasil. No ano de 2010, o município de Belo Horizonte era composto por 3.936 setores censitários<sup>34</sup>, 2.375.151 habitantes, densidade demográfica de 7,167 habitantes/Km<sup>2</sup><sup>35</sup> e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,810<sup>36</sup>. Neste mesmo ano, o município de São Paulo era composto por 18.952 setores censitários<sup>34</sup>, 11.253.503 habitantes, densidade demográfica de 7.398 habitantes/Km<sup>2</sup><sup>35</sup> e IDH de 0,805<sup>36</sup>.

O ELSA-Brasil é uma coorte multicêntrica que na linha de base (2008-2010, visita 1) incluiu 15.105 servidores públicos, ativos e aposentados, de instituições de ensino e pesquisa de seis capitais brasileiras (Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Salvador, São Paulo e Vitória). Foi desenvolvido com o objetivo de investigar a incidência de doenças crônicas, especialmente o diabetes e as doenças cardiovasculares, bem como seus fatores de risco biológicos, psicossociais, comportamentais, ocupacionais, sociais e ambientais<sup>37</sup>. As visitas 2 e 3 ocorreram em 2012-2014 e 2017-2019, com taxas de retenção de 92,8% e 83,7%, respectivamente. O estudo foi aprovado

pelo Comitê de Ética em Pesquisa de cada instituição participante. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido<sup>37</sup>.

Para este estudo, foram elegíveis 8.176 participantes vinculados às instituições de ensino e pesquisa das cidades de Belo Horizonte e São Paulo. Foram excluídos participantes residentes em outras cidades (N=2.213) e sem informação sobre atividade física em qualquer uma das visitas (N=180). No período de estudo, faleceram 187 participantes (3,2%) e 796 (13,8%) não compareceram às visitas 2 ou 3, resultando em uma amostra analítica de 4.800 participantes (Figura 1). Comparados àqueles que foram avaliados nas 3 visitas, participantes que não compareceram às visitas 2 ou 3 eram homens, mais velhos e menos escolarizados ( $p < 0,05$ ), porém sem diferença em relação à quantidade de áreas verdes da vizinhança e à trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa ( $p > 0,05$ ).

O georreferenciamento do local de residência dos participantes foi realizado pelo processo de geocodificação, em que as coordenadas geográficas foram obtidas a partir do endereço residencial informado na visita 1.

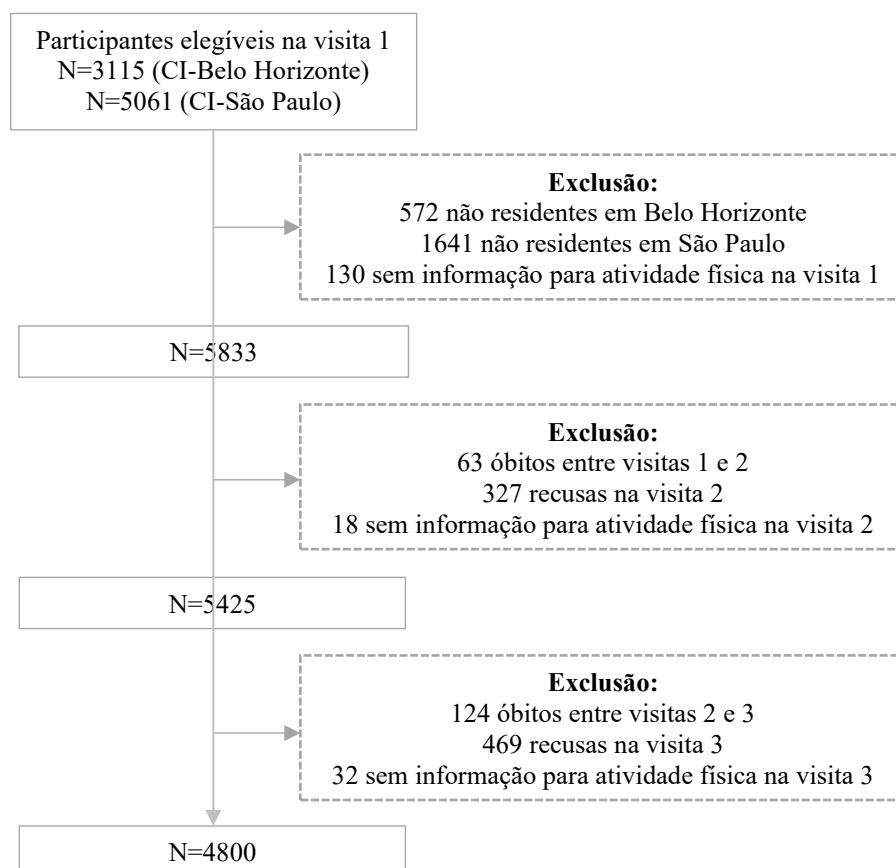


Figura 1 – Constituição da amostra analítica

### *Áreas verdes da vizinhança*

As áreas verdes da vizinhança foram expressas através do NDVI (do inglês, *Normalized Difference Vegetation Index*), que mensura a quantidade de vegetação na superfície terrestre. A vizinhança foi definida como *buffer* circular de raio de 500 metros no entorno da residência do participante na visita 1. A escolha do tamanho do raio do *buffer* considerou a capacidade desta medida em prever resultados entre valores de NDVI e desfechos em saúde, além de ser uma distância razoável para se ter acesso a serviços e recursos físicos urbanos<sup>38,39</sup>.

O NDVI é calculado a partir da razão entre a diferença dos valores de reflectância das bandas infra-vermelho próximo e vermelho sobre a soma dessas duas medidas. Valores de NDVI variam entre -1 e +1, em que valores próximos de -1 indicam ausência de vegetação, enquanto valores próximos de +1 indicam vegetação mais saudável e em maior quantidade e porte<sup>7,40</sup>. Para o cálculo do NDVI, foram utilizadas imagens do satélite RapidEye, fornecidas pelo Ministério do Meio Ambiente do Brasil, ortorretificadas e com resolução espacial de cinco metros<sup>41</sup>. Para a cidade de Belo Horizonte, foram utilizadas imagens obtidas em setembro de 2011 com 0% de cobertura por nuvens. Para a cidade de São Paulo, foram utilizadas imagens de setembro/outubro de 2011 com até 5% de cobertura por nuvens.

Áreas referentes a lagoas, rios, córregos e represas, bem como o interior de quadras particulares foram excluídas das imagens. Foram contabilizados valores de NDVI de áreas públicas, como ruas, avenidas, praças e parques. As áreas verdes da vizinhança foram calculadas como a média dos valores de NDVI no *buffer* de 500 metros do entorno da residência do participante na visita 1. Em seguida, os valores de NDVI médio foram categorizados em quartis ( $\leq -0,0678455$ ;  $-0,0678377 - -0,0427961$ ;  $-0,0427713 - -0,0144327$ ;  $\geq -0,0144128$ ) devido à ausência de evidência de relação linear com o desfecho após análises preliminares.

### *Atividade física*

A prática de atividade física semanal autorrelatada foi mensurada em todas as visitas pelo domínio de atividades físicas de recreação, esporte e de lazer da versão longa do Questionário Internacional de Atividade Física (do inglês, *International Physical Activity Questionnaire – IPAQ*) validado para adultos brasileiros<sup>42</sup>. O cálculo dos escores de atividade física foi realizado conforme procedimentos descritos nas Diretrizes para Processamento e Análise de Dados do IPAQ e cada tipo de atividade possui um escore

MET (*Metabolic Equivalent of Tasks*) específico por tipo de atividade: 3,3 METs para caminhadas, 4,0 METs para atividades de intensidade média e 8,0 METs para atividades de intensidade forte. O total de MET-min por semana foi obtido considerando a quantidade de dias por semana e minutos gastos em cada tipo de atividade<sup>43</sup>.

Em cada visita, a atividade física foi categorizada em: a) fraca (aqueles que não praticam atividade física e que não preencheram os critérios para serem incluídos nas demais categorias); b) moderada (três ou mais dias de atividade de intensidade forte durante pelo menos 20 minutos por dia; ou cinco ou mais dias de atividade de intensidade média e/ou caminhada durante 30 minutos por dia; ou cinco ou mais dias de atividades em qualquer intensidade, atingindo um mínimo de 600 MET-min/semana); e c) vigorosa (atividade de intensidade forte durante três dias por semana, atingindo um mínimo de 1500 MET-min/semana; ou sete dias de atividades em qualquer intensidade, atingindo um mínimo de 3000 MET-min/semana)<sup>43</sup>.

As trajetórias da prática de atividade física moderada/vigorosa foram definidas pelo número de visitas em que o participante apresentou atividade física moderada/vigorosa, resultando em 3 categorias: nenhuma visita (referência); 1 ou 2 visitas; e 3 visitas.

### *Covariáveis*

A partir da literatura, características sociodemográficas individuais e características do ambiente da vizinhança foram consideradas potenciais fatores de confusão.

As covariáveis individuais obtidas na visita 1 foram sexo (masculino, feminino), idade (anos), escolaridade (ensino superior completo, ensino médio completo, ensino fundamental completo, ensino fundamental incompleto), centro de investigação (São Paulo, Belo Horizonte), residência em áreas de favelas e percepção de segurança na vizinhança.

A residência em favelas corresponde a morar em setores censitários especiais de aglomerado subnormal, conforme classificação do Censo Demográfico do ano de 2010<sup>34</sup>. A percepção de segurança na vizinhança dos participantes foi mensurada na visita 1 com uso de uma escala desenvolvida no estudo *Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis* (MESA), que passou por adaptação transcultural e apresentou reprodutibilidade muito boa (coeficiente de correlação intraclasse = 0,86; IC95%=0,82–0,89) e boa consistência interna (alfa de Cronbach = 0,67)<sup>44</sup>. Os itens utilizados foram: i) *O(a) senhor(a) se sente*

*seguro(a) andando de dia ou de noite na sua vizinhança; ii) A violência é um problema na sua vizinhança; e iii) Sua vizinhança é segura em relação a crimes.* Para cada item, participantes relataram seu nível de concordância por meio da escala *Likert*: 1 – concordo totalmente; 2 – concordo parcialmente; 3 – não concordo nem discordo; 4 – discordo parcialmente; e 5 – discordo totalmente<sup>44</sup>. Os itens i) e iii) tiveram seus escores codificados de forma reversa, assim quanto maior o escore (variação de 3 a 15), maior percepção de segurança. Para os modelos de regressão, o escore foi categorizado em 3-9, 10, 11-15. Na entrevista, os participantes foram orientados a considerar vizinhança como a área no entorno residencial onde se pratica atividades diárias como fazer compras, ir à praça ou visitar vizinhos.

Além disso, foram consideradas na análise as seguintes covariáveis contextuais do ambiente de vizinhança, calculadas a nível de *buffer* circular de 500 metros no entorno da residência do participante na visita 1: 1) percentual de domicílios com calçada pavimentada, 2) percentual de domicílios com postes de iluminação pública e 3) renda domiciliar *per capita* média da vizinhança. Essas covariáveis foram calculadas a partir de dados do Censo Demográfico do ano de 2010<sup>34</sup>. O percentual de domicílios com calçada pavimentada foi obtido pela soma de domicílios com presença de calçada pavimentada em sua face do logradouro no setor censitário dividida pelo total de domicílios no mesmo setor, categorizado em quartis. Da mesma forma, o percentual de domicílios com postes de iluminação pública foi obtido pela soma de domicílios com presença de pelo menos um poste de iluminação pública em sua face do logradouro ou na face confrontante dividida pela soma do total de domicílios no referido setor censitário, categorizado em quartis. A renda domiciliar *per capita* média foi estimada pela soma da renda domiciliar dividida pelo número de moradores no mesmo setor censitário, categorizada em quintis. Todas as três variáveis descritas foram ponderadas pelo percentual do setor censitário contido no *buffer* circular de 500 metros.

### *Análise estatística*

Variáveis categóricas foram descritas como proporções e variáveis contínuas como medianas e intervalos interquartílicos. A associação entre as variáveis e quartis de NDVI foi estimada pelo teste de Qui-quadrado de *Pearson* ou pelo teste de *Kruskal-Wallis*, a depender do tipo de variável. O teste de correlação de *Spearman* foi utilizado para estimar a correlação entre as variáveis da vizinhança e a associação entre essas

variáveis e os quintis de renda domiciliar *per capita* média da vizinhança foi estimada pelo teste de Qui-quadrado de Pearson.

O modelo de regressão logística multinomial multinível, somente com intercepto aleatório, foi testado e a variância de 0,0575 para variável resposta em relação aos diferentes *buffers* justificou o emprego do modelo não hierárquico<sup>45</sup>. Assim, modelos de regressão logística multinomial foram utilizados para estimar a força de associação entre as áreas verdes da vizinhança e a trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa através do *odds ratio* (OR) e respectivo intervalo de confiança de 95% (IC95%). A categoria de referência para a análise foi a trajetória da prática de atividade física moderada/vigorosa em nenhuma visita. O ajuste do modelo foi conduzido da seguinte forma: 1) áreas verdes da vizinhança + ajuste por variáveis individuais (sexo, idade, escolaridade, centro de pesquisa e residência em área de favelas) (Modelo 1); 2) Modelo 1 + percepção de segurança na vizinhança (Modelo 2a); 3) Modelo 1 + percentual de domicílios com presença de calçada pavimentada (Modelo 2b); 4) Modelo 1 + percentual de domicílios com presença de postes de iluminação pública (Modelo 2c); e 5) Modelo 1 + renda domiciliar *per capita* média da vizinhança (Modelo 2d).

Análises de sensibilidade foram conduzidas considerando o ajuste adicional por tempo de residência no mesmo endereço até a visita 1, e considerando a unidade de vizinhança como *buffers* de 1000 metros no entorno da residência dos participantes.

A etapa de geoprocessamento foi conduzida no *software* ArcGis 10.3, sistema de coordenadas projetadas, Universal Transverso de Mercator – UTM, zona 23S, *datum* WGS84. Análises estatísticas foram conduzidas no *software* Stata 14.0 (StataCorp, College Station, TX, USA).

## RESULTADOS

O tempo médio de seguimento dos participantes foi de 8,3 anos (DP=0,46). A mediana da idade da população do estudo foi de 51 anos (IIQ=45-58) com predominância de mulheres e ensino superior completo. O escore mediano de percepção de segurança na vizinhança foi de 10 (IIQ=8-12) e 2,2% residiam em áreas de favelas. Nas vizinhanças de maior NDVI, predominaram participantes homens, mais velhos, mais escolarizados e residentes em áreas de favelas. No geral, 12% do total de participantes praticaram atividade física moderada/vigorosa nas 3 visitas (N=567), percentual que sobe para 32,8% entre os participantes situados no maior quartil de NDVI (Tabela 1).

Em média, o percentual de domicílios em locais com calçadas pavimentadas (98,0%) e com postes de iluminação pública (99,0%) foi alto e variou pouco segundo os quartis de NDVI, embora estatisticamente significativa. A renda domiciliar *per capita* média foi de US\$ 896,53, crescendo do menor para o maior quartil de NDVI (Tabela 1). Houve correlação fraca entre o NDVI e o percentual de iluminação pública ( $r=0,06$ ) e o percentual de calçadas pavimentadas ( $r=0,12$ ) e correlação moderada entre o NDVI e a renda domiciliar *per capita* média (0,38). O percentual de iluminação pública foi fortemente correlacionado com o percentual de calçadas pavimentadas ( $r=0,81$ ) (Tabela S1).

Tabela 1 – Distribuição das características individuais e da vizinhança de acordo com os quartis de NDVI da vizinhança de participantes moradores em Belo Horizonte e São Paulo. ELSA-Brasil, 2008-2010. N = 4800.

Variáveis	Total	NDVI				p-valor*
		Quartil 1 ≤ -0,0678455	Quartil 2 -0,0678377– -0,0427961	Quartil 3 -0,0427713 – -0,0144327	Quartil 4 ≥-0,0144128	
<b>Variáveis individuais</b>						
Mulheres (%)	56,7	25,5	26,1	25,1	23,3	<b>0,006</b>
Idade (Anos), mediana (IIQ)	51 (45-58)	50 (45-57)	50 (45-56)	51 (45-58)	54 (46-61)	<b>&lt; 0,001</b>
Escolaridade (%)						
Superior completo	60,5	21,8	22,1	26,4	29,7	
Ensino médio completo	31,1	29,6	31,0	22,8	16,6	
Ensino fundamental completo	4,6	29,8	25,8	24,0	20,4	<b>&lt; 0,001</b>
Ensino fundamental incompleto	3,8	33,1	20,7	21,7	24,5	
Trajeto de AFMV						
AFMV em nenhuma visita	50,1	26,1	26,7	23,6	23,6	
AFMV em 1 ou 2 visitas	38,1	25,4	24,0	26,1	24,5	<b>&lt;0,001</b>
AFMV em 3 visitas	11,8	19,0	21,2	27,0	32,8	
Percepção de segurança, mediana (IIQ)	10 (8-12)	10 (8-11)	10 (8-11)	10 (8-12)	10 (8-12)	<b>&lt; 0,001</b>
Residência em favelas** (%)	2,2	18,5	12,6	18,5	50,5	<b>&lt; 0,001</b>
<b>Variáveis do ambiente de vizinhança</b>						
Percentual de domicílios com calçada pavimentada na vizinhança, mediana (IIQ)	98,0 (94,0-99,4)	97,6 (94,6-99,1)	97,6 (93,9-99,0)	97,6 (92,7-99,3)	99,0 (95,7-99,6)	<b>&lt; 0,001</b>
Percentual de domicílios com poste de iluminação pública na vizinhança, mediana (IIQ)	98,9 (95,7-99,6)	98,8 (95,4-99,5)	99,0 (96,3-99,6)	98,7 (94,2-99,6)	99,2 (96,7-99,7)	<b>&lt; 0,001</b>
Renda domiciliar <i>per capita</i> média da vizinhança (US\$), mediana (IIQ)***	896,53 (538,22-1359,46)	664,74 (470,22-1006,49)	686,64 (473,14-1028,49)	947,74 (603,31-1759,27)	1221,43 (991,21-1955,04)	<b>&lt; 0,001</b>

NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*; DI: Desvio Interquartilico ( $P_{75} - P_{25}$ ); AFMV: atividade física moderada/vigorosa

\*Qui-Quadrado de Pearson ou Kruskal-Wallis

Vizinhança: *buffer* circular de 500 metros

\*\*Setores censitários especiais de aglomerado subnormal

\*\*\*Quote BRL/USD on 06-30-2010: 1.80

A análise de regressão não identificou associação entre o NDVI e a prática de atividade física moderada/vigorosa em 1 ou 2 visitas. Esse resultado não se alterou após ajustes por variáveis individuais sociodemográficas e percepção de segurança na vizinhança, nem após inclusão das demais variáveis do ambiente de vizinhança (Tabela 2).

Tabela 2 – Associação longitudinal de áreas verdes da vizinhança com a trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa de participantes moradores de Belo Horizonte e São Paulo. ELSA-Brasil, 2008-2010, 2012-2014 e 2016-2018. N = 4800

Áreas verdes da vizinhança	Trajetória de prática de atividade física	
	AFMV em 1 ou 2 visitas	AFMV em 3 visitas
	OR (IC95%)	OR (IC95%)
<b>Modelo 1</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,88 (0,74 – 1,05)	1,03 (0,77 – 1,37)
Quartil 3	1,05 (0,88 – 1,25)	<b>1,35 (1,02 – 1,78)</b>
Quartil 4	0,99 (0,83 – 1,18)	<b>1,54 (1,17 – 2,02)</b>
<b>Modelo 2</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,88 (0,74 – 1,05)	1,04 (0,78 – 1,39)
Quartil 3	1,05 (0,88 – 1,25)	<b>1,34 (1,02 – 1,78)</b>
Quartil 4	0,98 (0,82 – 1,17)	<b>1,51 (1,15 – 1,99)</b>
<b>Modelo 3</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,90 (0,76 – 1,07)	1,06 (0,79 – 1,41)
Quartil 3	1,11 (0,93 – 1,32)	<b>1,41 (1,06 – 1,86)</b>
Quartil 4	1,00 (0,83 – 1,19)	<b>1,50 (1,14 – 1,98)</b>
<b>Modelo 4</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,88 (0,74 – 1,05)	1,03 (0,77 – 1,38)
Quartil 3	1,07 (0,90 – 1,28)	<b>1,37 (1,04 – 1,82)</b>
Quartil 4	0,98 (0,82 – 1,17)	<b>1,51 (1,15 – 1,99)</b>
<b>Modelo 5</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,88 (0,73 – 1,04)	1,01 (0,76 – 1,35)
Quartil 3	1,00 (0,83 – 1,19)	1,18 (0,88 – 1,57)
Quartil 4	0,90 (0,75 – 1,09)	1,29 (0,97 – 1,73)

AFMV: Atividade Física Moderada/Vigorosa; NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*;

Vizinhança: *buffer* circular de 500 metros

Modelo 1: ajustado por sexo, idade, escolaridade, centro de pesquisa e residência em favelas

Modelo 2a: Modelo 1 + percepção de segurança na vizinhança

Modelo 2b: Modelo 1 + percentual de domicílios com calçada pavimentada

Modelo 2c: Modelo 1 + percentual de domicílios com poste de iluminação pública

Modelo 2d: Modelo 1 + renda domiciliar *per capita* média da vizinhança

Entretanto, após ajustes por variáveis individuais, os participantes do terceiro e quarto quartis de NDVI tiveram, respectivamente, 35% (IC95%=1,02–1,78) e 54% (IC95%=1,17–2,02) maior chance de praticar atividade física moderada/vigorosa em 3 visitas do que aqueles do primeiro quartil (Modelo 1) quando comparados a participantes que não praticaram atividade física em nenhuma visita. O ajuste pela variável percepção de segurança na vizinhança praticamente não alterou a magnitude da associação (Modelo 2a). Após inclusão da variável percentual de domicílios com calçada pavimentada, as chances de praticar atividade física moderada/vigorosa em 3 visitas passaram para 41% (IC95%=1,06–1,86) e 50% (IC95%=1,14–1,98) para os indivíduos no terceiro e quarto quartis de NDVI, respectivamente, *vis-a-vis* os do primeiro quartil e comparados com participantes que não praticaram atividade física em nenhuma visita (Modelo 2b). O ajuste pelo percentual de domicílios com poste de iluminação pública alterou pouco as chances de praticar atividade física moderada/vigorosa em 3 visitas para aqueles nos terceiro e quarto quartis de NDVI (37%; IC95%=1,04–1,82 e 51%; IC95%=1,15–1,99, respectivamente) quando comparados aos participantes do primeiro quartil (Modelo 2c) e àqueles que não praticaram atividade física em nenhuma visita. No entanto, a associação entre NDVI e trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa em 3 visitas não se manteve após o ajuste pela renda domiciliar *per capita* média da vizinhança, apesar da associação limítrofe para participantes do quarto quartil de NDVI (29%; IC95%=0,97–1,73;  $p=0,082$ ) (Modelo 2d) (Tabela 2).

Paralelamente, em análise suplementar, verificou-se que a renda domiciliar *per capita* média da vizinhança associou-se positivamente a maior chance de prática de atividade física moderada/vigorosa tanto em 1 ou 2 visitas quanto nas 3 visitas de seguimento, após ajuste pelas características individuais (Tabela S2).

Nenhuma diferença foi identificada nas análises considerando o ajuste adicional por tempo de moradia até a data da visita 1 (Tabela S3). Finalmente, análises de sensibilidade considerando o *buffer* de 1000 metros indicaram diminuição da força de associação entre o NDVI e a trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa em 3 visitas, com associações limítrofes após o ajuste por percentual de calçadas pavimentadas (Tabela S4).

## DISCUSSÃO

Este estudo investigou a associação entre as áreas verdes da vizinhança e a trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa em uma coorte de servidores públicos residentes em duas das maiores capitais brasileiras em 8 anos de seguimento. Os achados indicaram que maiores quantidades de áreas verdes associaram-se à melhor trajetória de prática de atividade

física moderada/vigorosa (3 visitas) após ajuste por características sociodemográficas individuais. Tais associações não sofreram alterações após incluir a percepção de segurança na vizinhança no modelo, nem ao considerar os atributos ambientais percentual de domicílios com calçada pavimentada ou com iluminação pública. Entretanto, a associação foi limítrofe entre a maior quantidade de áreas verdes e a melhor trajetória de atividade física moderada/vigorosa ao ajustar por condição socioeconômica da vizinhança. Esses resultados não se alteraram após ajuste adicional por tempo de residência no mesmo endereço na visita 1, mas a força de associação foi atenuada ao considerar a unidade de vizinhança para o *buffer* de 1000 metros no entorno da residência.

Nossos achados apontam que a maior presença de áreas verdes na vizinhança pode estimular uma trajetória mais duradoura da prática de atividade física, corroborando achados de outros estudos no Brasil<sup>8,9</sup> e outros países<sup>13,14</sup>. Estudo de coorte de servidores públicos do Rio Janeiro, Brasil, encontrou associação entre residir em vizinhanças com maior quantidade de áreas verdes e permanência da atividade física em 4 visitas ao longo de 13 anos após ajuste por variáveis individuais, mas não após ajuste por variáveis contextuais, incluindo a renda média da vizinhança<sup>14</sup>. O incremento da quantidade de áreas verdes no entorno residencial também favoreceu a manutenção, mas não à iniciação, da prática de atividade física no lazer em adultos australianos em quatro anos de seguimento, após ajuste por características individuais<sup>13</sup>. Alguns autores sugerem que os atributos do ambiente da vizinhança, como as áreas verdes, são recursos mais importantes para a manutenção da atividade física em indivíduos ativos<sup>17</sup>. Já a adesão a esse comportamento possivelmente envolve tanto intervenções com aumento de áreas verdes quanto estratégias específicas adicionais em nível individual e no ambiente social e político<sup>4,17</sup>. De fato, em nosso estudo, a maioria dos participantes que não praticavam atividade física na visita 1 permaneceram inativos nas duas visitas subsequentes (dados não mostrados).

A maior segurança em relação à crimes, especialmente a percepção que os indivíduos reportam<sup>24</sup>, tem sido associada diretamente à prática de atividade física em ambientes abertos, como praças e parques<sup>24,46</sup>. No entanto, no presente estudo, a magnitude da associação entre a quantidade de áreas verdes na vizinhança e a melhor trajetória de prática de atividade física praticamente não se alterou com a inclusão da variável de percepção de segurança na vizinhança. Isso pode ter ocorrido devido à baixa variabilidade da percepção de segurança entre os diferentes quartis de quantidade de áreas verdes. Além disso, há indícios de que outros fatores, como a percepção de segurança em relação ao tráfego de veículos e para pedestres, não

consideradas no presente estudo, sejam mais importantes para a prática de atividade física no lazer do que a percepção de segurança em relação a crimes<sup>47</sup>.

Apesar da disponibilidade de calçadas pavimentadas e iluminação pública ser importante para a prática de atividade física, especialmente em áreas verdes como parques e praças<sup>19</sup>, a presença dessas estruturas na vizinhança praticamente não afetou a associação entre áreas verdes e a trajetória de prática de atividade física. Além da baixa variabilidade dessas variáveis contextuais, outros fatores podem contribuir para explicar os resultados vistos nesse trabalho. Destaca-se, entre eles, o fato de as variáveis utilizadas mensurarem apenas a quantidade, mas não a qualidade das calçadas e da iluminação pública. De fato, características negativas dessas estruturas, como presença de buracos em calçadas e ausência de manutenção da iluminação pública podem ser barreiras para a prática de atividade física no meio urbano<sup>48</sup>. Estudos prévios mostram ser comum calçadas de má qualidade e mal conservadas, além de deficiência na iluminação pública nas cidades de Belo Horizonte e São Paulo<sup>49,50</sup>. Adicionalmente, nossas variáveis não consideram a presença de calçadas pavimentadas e iluminação pública no interior de parques, praças ou zoológicos, o que também pode ter contribuído para os resultados encontrados.

Embora as áreas verdes contribuam para o estímulo à prática de atividade física, nossos resultados sugerem que a condição socioeconômica da vizinhança tem um papel primordial para esse comportamento e que a quantidade de áreas verdes pode ser um dos mecanismos pelos quais o contexto socioeconômico da área de moradia influencia a prática persistente da atividade física. Vizinhanças em desvantagens socioeconômicas podem configurar um ambiente físico e social adverso, que também influenciam a adoção de comportamentos relacionados a saúde<sup>23,51</sup>. Nossos resultados indicam que a condição socioeconômica da vizinhança determina a distribuição desigual de áreas verdes e dos outros recursos ambientais considerados nesse estudo, uma vez que foram positivamente associados com a renda domiciliar *per capita* média da vizinhança (Tabelas S1 e S5).

Não houve mudança dos resultados após ajuste adicional por tempo de residência no mesmo endereço na visita 1, possivelmente porque o tempo médio de residência no mesmo endereço foi relativamente longo (17 anos). Outros estudos também apresentaram resultados semelhantes após ajuste tanto por tempo de residência no mesmo endereço (12) quanto por status de mudança de endereço<sup>52</sup>.

Análises de sensibilidade utilizando *buffers* de 1000 metros atenuaram a força de associação entre áreas verdes e trajetória de prática de atividade física no lazer. Não há um consenso na literatura sobre a delimitação do tamanho da unidade de vizinhança, podendo esta

variar conforme capacidade de caminhada determinada pela faixa etária da população de estudo ou conforme o desfecho em estudo<sup>53</sup>. No entanto, nossos resultados vão de encontro aos achados de Browning e Lee, os quais evidenciaram, em revisão sistemática de literatura, que áreas verdes mensuradas em *buffers* residenciais de 500 metros são melhores preditores de desfechos em saúde<sup>38</sup>.

Nosso estudo evidencia a relevância das áreas verdes públicas enquanto estruturas que fornecem oportunidades para a manutenção de prática de atividade física em níveis adequados no longo prazo e dessa forma, contribuem com a promoção da saúde da população. Além disso, evidencia que as condições socioeconômicas da vizinhança são um determinante primário tanto da distribuição de áreas verdes quanto da prática de atividade física, confirmando as condições socioeconômicas como causa fundamental das desigualdades em saúde<sup>54</sup>. Nesse sentido, a implantação e ampliação de áreas verdes pode ser vista como uma intervenção para melhorar a ambiência e atenuar desvantagens contextuais, sobretudo nas áreas mais vulneráveis dos centros urbanos, contribuindo assim para redução das iniquidades em saúde. Essas intervenções são um desafio no contexto brasileiro, pois embora as cidades sejam amparadas por instrumentos de gestão de áreas verdes<sup>55</sup>, a implementação de medidas para a construção ou manutenção de estruturas urbanas enfrenta a escassez de recursos aliada a interesses conflitantes no uso e ocupação do solo.

Nosso estudo apresenta alguns pontos fortes. Destacamos o desenho longitudinal do estudo, uma vez que há escassez desses estudos, especialmente em países de renda média e baixa<sup>10</sup> bem como a avaliação objetiva das áreas verdes da vizinhança que reduz a possibilidade de erros de mensuração<sup>56</sup>. O uso de imagens com boa resolução espacial e baixa cobertura de nuvens garantiu maior validade da nossa variável de exposição. Apontamos também a exclusão de áreas particulares, pois as áreas verdes de locais públicos são certamente mais importantes para a saúde da população em geral e passíveis de intervenção do poder público. Ainda, a exclusão de áreas azuis, como lagoas e represas, permitiu que avaliássemos o efeito isolado das áreas verdes na prática de atividade física, uma vez que há evidências de que áreas azuis exercem efeitos benéficos na saúde dos indivíduos. Embora a medida de atividade física não tenha sido mensurada objetivamente, o IPAQ, utilizado no presente trabalho, é um instrumento amplamente utilizado e validado tanto no Brasil quanto em outras populações<sup>57</sup>. Finalmente, o delineamento longitudinal com tempo de observação e de moradia no mesmo endereço relativamente longos, tornam muito improvável a possibilidade de viés de autosseleção, ou seja, que participantes com melhor comportamento em saúde tenham escolhido residir em locais com mais áreas verdes.

Algumas limitações também precisam ser ponderadas. Primeiro, não foi possível verificar se os participantes mudaram de endereço durante o tempo de seguimento. No entanto, como já mencionado, o tempo médio no mesmo endereço foi de 17 anos antes da visita 1, sugerindo baixa mobilidade residencial da coorte. Segundo, não dispomos de informação se a prática de atividade física no lazer era realizada na vizinhança, o que pode contribuir para explicar associações mais fracas entre a presença de áreas verdes e a prática de atividade física. Terceiro, o uso de imagens de satélite do final do inverno ou início da primavera, que corresponde à estação seca, pode ter contribuído para subestimar a quantidade de áreas verdes, mas esse efeito foi não diferencial entre as vizinhanças de cada cidade. Além disso, acreditamos que as pequenas diferenças climáticas entre as cidades incluídas foram controladas ao ajustar por centro de pesquisa. Quarto, as imagens de satélite referem-se ao ano de 2011 e podem não refletir a distribuição das áreas verdes da vizinhança durante todo o tempo de seguimento dos participantes. Um estudo estimou um decréscimo médio das áreas verdes de 1,9% ao ano entre 1986 e 2010 em Belo Horizonte, mas não é possível saber se este declínio também ocorreu entre os anos de 2011 e 2019<sup>58</sup>. Por outro lado, série histórica indicou um aumento na média anual de áreas verdes por habitante entre os anos de 2008 a 2017 na cidade de São Paulo<sup>59</sup>, e é provável que tal aumento não tenha sido equitativo no espaço urbano, pois as áreas verdes têm diminuído nas vizinhanças periféricas e em desvantagem socioeconômica<sup>60</sup>. Quinto, não temos informação sobre a qualidade das áreas verdes, como presença de lixo ou ausência de manutenção da vegetação, que também pode influenciar a prática de atividade física. Sexto, o Censo Demográfico não obteve informação sobre a quantidade de calçadas pavimentadas e postes de iluminação pública em menos de 4% dos setores censitários classificados como aglomerados subnormais. Uma vez que aproximadamente 2% (N=103) de nossos participantes residem nesses locais, acreditamos que a ausência de informação para esses setores não impacta nossos resultados.

## CONCLUSÃO

A maior quantidade de áreas verdes está associada à trajetória de manutenção de prática de atividade física moderada/vigorosa em cerca de oito anos de seguimento, independentemente de características sociodemográficas individuais, percepção de segurança na vizinhança e quantidade de calçadas pavimentadas e iluminação pública. No entanto, a associação entre áreas verdes e prática de atividade física não é independente da condição socioeconômica da vizinhança. Os resultados sugerem a necessidade de que o planejamento urbano seja voltado

para a melhoria do acesso e da distribuição de fatores ambientais, em particular as áreas verdes, para estimular a prática de atividade física no lazer.

## REFERÊNCIAS

- 1- World Health Organization. Physical Activity [Online]. Key Facts. WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>. Acesso em: 15 jul 2022.
- 2- Kyu HH, Bachman VF, Alexander LT, Mumford JE, Afshin A, Estep K, et al. Physical activity and risk of breast cancer, colon cancer, diabetes, ischemic heart disease, and ischemic stroke events: Systematic review and dose-response meta-analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *BMJ*. 2016;354:i3857. doi: 10.1136/bmj.i3857
- 3- Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *Lancet Glob Heal*. 2018;6(10):e1077–86. [http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30357-7](http://dx.doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30357-7)
- 4- Sallis JF, Floyd MF, Rodríguez DA, Saelens BE. The Role of Built Environments in Physical Activity, Obesity, and CVD. *Circulation*. 2012;125(5):729–737. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.969022
- 5- Markevych I, Schoierer J, Hartig T, Chudnovsky A, Hystad P, Dzhambov AM, et al. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environ Res*. 2017;158:301–17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.028>
- 6- Taylor L, Hochuli DF. Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. *Landsc Urban Plan*. 2017;158:25–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.024>
- 7- WHO Regional Office for Europe. Urban green spaces and health. Copenhagen; 2016. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/345751#:~:text=Urban%20green%20spaces%2C%20such%20as,and%20reducing%20exposure%20to%20air>. Acesso em: 15 jul 2022
- 8- Boclin, KLS, Faerstein, E, de Leon, ACMP. Características contextuais de vizinhança e atividade física de lazer: Estudo Pró-Saúde. *Revista de Saúde Pública*. 2014; 48(2):249-257. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2014048004935>
- 9- Florindo AA, Barrozo LV, Cabral-Miranda W, Rodrigues EQ, Turrell G, Goldbaum M, Cesar CLG, Giles-Corti B. Public Open Spaces and Leisure-Time Walking in Brazilian Adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14(6):553. doi: 10.3390/ijerph14060553.
- 10- Geneshka M, Coventry P, Cruz J, Gilbody S. Relationship between green and blue spaces with mental and physical health: A systematic review of longitudinal observational studies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18:9010. doi: 10.3390/ijerph18179010
- 11- Xie B, Lu Y, Wu L, An Z. Casual evaluation of the effects of a large-scale greenway intervention on physical and mental health: A natural experimental study in China. *Heal Place*. 2021;67:102502. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2020.102502>

- 12- Frank LD, Hong A, Ngo VD. Causal evaluation of urban greenway retrofit: A longitudinal study on physical activity and sedentary behavior. *Prev Med.* 2019;123:109–16. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.01.011>
- 13- Sugiyama T, Giles-Corti B, Summers J, du Toit L, Leslie E, Owen N. Initiating and maintaining recreational walking: A longitudinal study on the influence of neighborhood green space. *Prev Med.* 2013;57(3):178–82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2013.05.015>
- 14- Faerstein E, da Silveira IH, Boclin K de LS, Curioni CC, Castro IRR de, Junger WL. Associations of neighborhood socioeconomic, natural and built environmental characteristics with a 13-year trajectory of non-work physical activity among civil servants in Rio de Janeiro, Brazil: The Pro-Saude Study. *Heal Place.* 2018;53:110–6. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2018.07.014>
- 15- Chong S, Mazumdar S, Ding D, Morgan G, Comino EJ, Bauman A, et al. Neighbourhood greenspace and physical activity and sedentary behaviour among older adults with a recent diagnosis of type 2 diabetes: A prospective analysis. *BMJ Open.* 2019;9(11):e028947. doi:10.1136/bmjopen-2019-028947
- 16- Persson Å, Möller J, Engström K, Sundström ML, Nooijen CFJ. Is moving to a greener or less green area followed by changes in physical activity? *Heal Place.* 2019;57:165–70. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.04.006>
- 17- Sugiyama T. The Built Environment and Physical Activity Behaviour Change: New Directions for Research? *Res Exerc Epidemiol.* 2012;14(2):118–24.
- 18- Rachele JN, Sugiyama T, Davies S, Loh VHY, Turrell G, Carver A, et al. Neighbourhood built environment and physical function among mid-to-older aged adults: A systematic review. *Heal Place.* 2019;58:102137. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.05.015>
- 19- Zhang R, Wulff H, Duan Y, Wagner P. Associations between the physical environment and park-based physical activity: A systematic review. *J Sport Heal Sci.* 2019;8:412–21. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.11.002>
- 20- Moran MR, Bilal U, Dronova I, Ju Y, Gouveia N, Caiaffa WT, et al. The equigenic effect of greenness on the association between education with life expectancy and mortality in 28 large Latin American cities. *Heal Place.* 2021;72:102703. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102703>
- 21- Schüle SA, Bolte G. Interactive and independent associations between the socioeconomic and objective built environment on the neighbourhood level and individual health: A systematic review of multilevel studies. *PLoS One.* 2015;10(4): e0123456. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0123456>
- 22- Dantas, JGT, de Micheli, D. A favela onde moro: o território sob a perspectiva dos jovens. *Ciência & Saúde Coletiva.* 2021, 26(7). <https://doi.org/10.1590/1413-81232021267.07552021>.
- 23- Algren MH, Bak CK, Berg-Beckhoff G, Andersen PT. Health-risk behaviour in deprived neighbourhoods compared with non-deprived neighbourhoods: A systematic literature review of quantitative observational studies. *PLoS One.* 2015;10(10):e0139297.

<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0139297>

- 24- Lapham SC, Cohen DA, Williamson S, Han B, Evenson KR, McKenzie TL, et al. How important is perception of safety to park use? A four-city survey. *Urban Stud.* 2016;53(12):2624–36. doi:10.1177/0042098015592822
- 25- Weimann H, Rylander L, van den Bosch MA, Albin M, Skärbäck E, Grahn P, et al. Perception of safety is a prerequisite for the association between neighbourhood green qualities and physical activity: Results from a cross-sectional study in Sweden. *Heal Place.* 2017;45:124–30. <http://dx.doi.org/10.1016/j.healthplace.2017.03.011>
- 26- O'Brien DT, Farrell C, Welsh BC. Broken (windows) theory: A meta-analysis of the evidence for the pathways from neighborhood disorder to resident health outcomes and behaviors. *Soc Sci Med.* 2019;228:272–92. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.11.015>
- 27- Suglia SF, Shelton RC, Hsiao A, Wang YC, Rundle A, Link BG. Why the Neighborhood Social Environment Is Critical in Obesity Prevention. *J Urban Heal.* 2016;93(1):206–12. doi:10.1007/s11524-015-0017-6
- 28- Pinto IV, Bevilacqua PD, Ribeiro AP, dos Santos AP, Bernal RTI, Malta DC. Aggressions in urgency and emergency care in Brazilian capitals: Perspectives of 2011, 2014 and 2017 VIVA survey. *Rev Bras Epidemiol.* 2020;23(supl.1): E200009. doi: 10.1590/1980-549720200009.supl.1
- 29- United Nations. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision [Online]. 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/>. Acesso em: 15 jul 2022.
- 30- Almeida LFF, Barreto SM, Souza RCFD, Cardoso LDO, Giatti L. Neighborhood greenspace and cardiometabolic risk factors: Cross-sectional and longitudinal analysis in ELSA-Brasil participants. *Heal Place.* 2021;72: 102699. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102699>
- 31- Moreira TCL, Polizel JL, Santos I de S, 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;17(3):725. doi: 10.3390/ijerph17030725
- 32- Silveira IH da, Junger WL. Espaços verdes e mortalidade por doenças cardiovasculares no município do Rio de Janeiro. *Rev Saude Publica.* 2018;52:49. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000290>
- 33- Boing AF, Boing AC, Subramanian S V. Inequalities in the access to healthy urban structure and housing: An analysis of the Brazilian census data. *Cad Saude Publica.* 2021;37(6):e00233119. doi: 10.1590/0102-311X00233119
- 34- Brazilian Institute of Geography and Statistics. Population and Household Characteristics: Results of the Universe by Census Tracts [Online]. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro; 2011. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: 16 jan 2021
- 35- Brazilian Institute of Geography and Statistics. Cities [Online]. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 21 abr 2021

- 36- United Nations Development Programme. Atlas of Human Development in Brazil [Online]. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta>. Acesso em: 16 jan 2021
- 37- Aquino EML, Barreto SM, Bensenor IM, Carvalho MS, Chor D, Duncan BB, et al. Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil): Objectives and design. *Am J Epidemiol*. 2012;175(4):315–24. doi: 10.1093/aje/kwr294
- 38- Browning M, Lee K. Within what distance does “greenness” best predict physical health? A systematic review of articles with gis buffer analyses across the lifespan. *Int J Environ Res Public Health*. 2017;14:675. doi:10.3390/ijerph14070675
- 39- Moura ACM, Freire GJM, Oliveira RH, Santana SA, Pereira MF, Soares AME, et al. Geoprocessing applied to policies decision support to the Vila Viva Program in Belo Horizonte-MG, Brasil: intervention in precarious settlements. *Rev Bras Cartogr*. 2009;61(2):177–88. Disponível: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44847>. Acesso em: 15 jul 2022
- 40- Rhew IC, Stoep AV, Kearney A, Smith NL, Dunbar MD. Validation of the Normalized Difference Vegetation Index as a measure of neighborhood greenness. *Ann Epidemiol*. 2011;21(12):946–952. doi:10.1016/j.annepidem.2011.09.001
- 41- National Institute for Space Research. RapidEye [Online]. 2021. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/rapideye>. Acesso em: 16 jan 2021
- 42- Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC, et al. International physical activity questionnaire (IPAQ): study of validity and reliability in Brazil. *Atividade Física & Saúde*. 2001;6(2):5–18.
- 43- International Physical Activity Questionnaire. Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Short and Long Forms. 2005:1–15. Disponível em: <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=5641f4c36143250eac8b45b7&assetKey=AS%3A294237418606593%401447163075131>. Acesso em: 15 jul 2022
- 44- Santos SM, Griep RH, Cardoso LO, Alves MG de M, Fonseca M de JM, Giatti L, et al. Cross-cultural adaptation and reliability of measurements on self-reported neighborhood characteristics in ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica*. 2013;47(Supl 2):122–30. Doi: 10.1590/S0034-8910.2013047003871
- 45- Twisk JWR. *Applied Multilevel Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press; 2006. 182 p.
- 46- Barnett DW, Barnett A, Nathan A, Van Cauwenberg J, Cerin E. Built environmental correlates of older adults’ total physical activity and walking: A systematic review and meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017;14:103. doi: 10.1186/s12966-017-0558-z
- 47- Bracy NL, Millstein RA, Carlson JA, Conway TL, Sallis JF, Saelens BE, et al. Is the relationship between the built environment and physical activity moderated by perceptions of crime and safety? *Int J Behav Nutr Phys Act* [Internet]. 2014;11:24. <http://www.ijbnpa.org/content/11/1/24>

- 48- Buman MP, Winter SJ, Sheats JL, Hekler EB, Otten JJ, Grieco LA, et al. The Stanford Healthy Neighborhood Discovery Tool: A Computerized Tool to Assess Active Living Environments. *Am J Prev Med.* 2013;44(4):e41–e47. doi:10.1016/j.amepre.2012.11.028.
- 49- Cardoso L, Carvalho IRV de, Nunes NTR. Caminhabilidade como instrumento de mobilidade urbana: reflexões sobre a realidade de Belo Horizonte. *Rev dos Transp públicos - ANTP.* 2019;41(2):73–94.
- 50- Feitosa L de SR, Righi R. Acessibilidade Urbana em São Paulo (Capital) - Calçadas. *Rev Nac Gerenciamento Cid.* 2016;4(26):28–44. doi: 10.17271/2318847242620161342
- 51- Pickett KE, Pearl M. Multilevel analyses of neighbourhood socioeconomic context and health outcomes: A critical review. *J Epidemiol Community Health.* 2001;55(2):111–22. doi: 10.1136/jech.55.2.111
- 52- Ranchod YK, Diez-Roux AV, Evenson KR, Sánchez BN, Moore K. Longitudinal associations between neighborhood recreational facilities and change in recreational physical activity in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis, 2000-2007. *Am J Epidemiol.* 2014;179(3):335–43. doi: 10.1093/aje/kwt263
- 53- Diez-Roux AV. Investigating neighborhood and area effects on health. *Am J Public Health.* 2001;91(11):1783–9. doi: 10.2105/ajph.91.11.1783
- 54- Phelan JC, Link BG, Tehranifar P. Social Conditions as Fundamental Causes of Health Inequalities: Theory, Evidence, and Policy Implications. *J Health Soc Behav.* 2010;51(Suppl):S28–40. doi: 10.1177/0022146510383498
- 55- Carbone AS, Coutinho SMV, Tomerius S, Philippi Junior A. Gestão de áreas verdes no município de São Paulo: ganhos e limites. *Ambient Soc.* 2015;18(4):201–20. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1210V1842015>
- 56- Diez-Roux AV. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? *J Epidemiol Public Heal.* 2007;55(1):13–21. doi: 10.1016/j.respe.2006.12.003
- 57- Kim Y, Park I, Kang M. Convergent validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): Meta-analysis. *Public Health Nutr.* 2013;16(3):440–52. doi:10.1017/S1368980012002996
- 58- Rodrigues R de A, Delgado RC, Santos RS dos, Faria ALL de. Evolução espaço-temporal de áreas densamente verdes em Belo Horizonte, MG utilizando técnicas de sensoriamento remoto. *Rev Geogr.* 2013;30(2):139–52. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229031>
- 59- Rede Social Brasileira por Cidades Justas e Sustentáveis. Área verde por habitante - São Paulo, SP [Online]. 2022. Disponível em: <https://www.redesocialdecidades.org.br/br/SP/sao-paulo/area-verde-por-habitante>. Acesso em: 30 mai 2022.
- 60- Cachola C da S. Evolução da mancha urbana na periferia da cidade de São Paulo: um estudo de caso sobre o distrito do Iguatemi. *Rev Bras Geomática.* 2021;9(2):141–57. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: 15 jul 2022.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1 – Correlação de *Spearman* entre as variáveis do ambiente de vizinhança de participantes residentes em Belo Horizonte e São Paulo, 2008-2010. N=4800.

	NDVI	% domicílios com calçada pavimentada	% domicílios com poste de iluminação pública	Renda domiciliar <i>per capita</i> média
NDVI	1,00			
% domicílios com calçada pavimentada	0,12*	1,00		
% domicílios com poste de iluminação pública	0,06*	0,81*	1,00	
Renda domiciliar <i>per capita</i> média	0,38*	0,59*	0,41*	1,00

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; %: percentual

Vizinhança: *buffer* de 500 metros

\*p&lt;0,05

Tabela S2 – Associação longitudinal de renda domiciliar *per capita* média da vizinhança com a trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa de participantes moradores de Belo Horizonte e São Paulo. ELSA-Brasil, 2008-2010, 2012-2014 e 2016-2018. N = 4800

Renda domiciliar <i>per capita</i> média da vizinhança	Trajetória de prática de atividade física	
	AFMV em 1 ou 2 visitas	AFMV em 3 visitas
	OR (IC95%)	OR (IC95%)
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	<b>1,23 (1,01 – 1,49)</b>	<b>1,68 (1,18 – 2,40)</b>
Quartil 3	<b>1,29 (1,05 – 1,58)</b>	<b>1,48 (1,03 – 2,12)</b>
Quartil 4	<b>1,40 (1,13 – 1,74)</b>	<b>1,68 (1,16 – 2,43)</b>
Quartil 5	<b>1,50 (1,18 – 1,90)</b>	<b>2,37 (1,62 – 3,47)</b>

AFMV: Atividade Física Moderada/Vigorosa; NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*;Vizinhança: *buffer* circular de 500 metros

Modelo ajustado por sexo, idade, escolaridade, centro de pesquisa, residência em áreas de favelas e NDVI

Tabela S3 – Associação longitudinal de áreas verdes da vizinhança com a trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa de participantes moradores de Belo Horizonte e São Paulo, considerando o ajuste adicional por tempo de moradia no mesmo endereço até a visita 1. ELSA-Brasil, 2008-2010, 2012-2014 e 2016-2018. N = 4800

Áreas verdes da vizinhança	Trajetória de prática de atividade física	
	AFMV em 1 ou 2 visitas	AFMV em 3 visitas
	OR (IC95%)	OR (IC95%)
<b>Modelo 1</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,88 (0,74 – 1,04)	1,03 (0,77 – 1,38)
Quartil 3	1,04 (0,88 – 1,24)	<b>1,35 (1,02 - 1,79)</b>
Quartil 4	0,98 (0,82 – 1,17)	<b>1,53 (1,17 – 2,02)</b>
<b>Modelo 2</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,88 (0,74 – 1,05)	1,04 (0,78 – 1,39)
Quartil 3	1,04 (0,87 – 1,24)	<b>1,35 (1,02 – 1,79)</b>
Quartil 4	0,97 (0,81 – 1,16)	<b>1,51 (1,15 – 1,99)</b>
<b>Modelo 3</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,90 (0,75 – 1,07)	1,06 (0,79 – 1,42)
Quartil 3	1,10 (0,93 – 1,32)	<b>1,42 (1,07 – 1,88)</b>
Quartil 4	0,99 (0,83 – 1,19)	<b>1,50 (1,14 – 1,98)</b>
<b>Modelo 4</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,88 (0,74 – 1,05)	1,04 (0,78 – 1,39)
Quartil 3	1,07 (0,90 – 1,27)	<b>1,38 (1,04 – 1,83)</b>
Quartil 4	0,97 (0,81 – 1,16)	<b>1,51 (1,15 – 1,99)</b>
<b>Modelo 5</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,87 (0,73 – 1,04)	1,02 (0,76 – 1,36)
Quartil 3	0,99 (0,83 – 1,18)	1,19 (0,89 – 1,59)
Quartil 4	0,90 (0,74 – 1,08)	1,29 (0,96 – 1,73)

AFMV: Atividade Física Moderada/Vigorosa; NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*;  
Vizinhança: *buffer* circular de 500 metros

Modelo 1: ajustado por sexo, idade, escolaridade, centro de pesquisa, residência em área de favelas e tempo de moradia no mesmo endereço até a visita 1

Modelo 2a: Modelo 1 + percepção de segurança na vizinhança

Modelo 2b: Modelo 1 + percentual de domicílios com calçada pavimentada

Modelo 2c: Modelo 1 + percentual de domicílios com poste de iluminação pública

Modelo 2d: Modelo 1 + renda domiciliar *per capita* média da vizinhança

Tabela S4 – Associação longitudinal de áreas verdes em *buffer* de 1000 metros com a trajetória de prática de atividade física moderada/vigorosa de participantes moradores de Belo Horizonte e São Paulo. ELSA-Brasil, 2008-2010, 2012-2014 e 2016-2018. N = 4800

Áreas verdes da vizinhança	Trajetória de prática de atividade física	
	AFMV em 1 ou 2 visitas	AFMV em 3 visitas
	OR (IC95%)	OR (IC95%)
<b>Modelo 1</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,95 (0,80 – 1,13)	0,92 (0,70 – 1,22)
Quartil 3	1,04 (0,87 – 1,24)	1,12 (0,86 - 1,46)
Quartil 4	1,14 (0,96 – 1,36)	<b>1,36 (1,04 – 1,77)</b>
<b>Modelo 2</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,95 (0,80 – 1,13)	0,91 (0,69 – 1,21)
Quartil 3	1,03 (0,87 – 1,23)	1,11 (0,85 – 1,45)
Quartil 4	1,14 (0,95 – 1,35)	<b>1,35 (1,03 – 1,76)</b>
<b>Modelo 3</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,97 (0,81 – 1,15)	0,93 (0,70 – 1,23)
Quartil 3	1,08 (0,91 – 1,29)	1,12 (0,85 – 1,47)
Quartil 4	1,14 (0,95 – 1,36)	1,30 (1,00 – 1,71)
<b>Modelo 4</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,96 (0,80 – 1,14)	0,93 (0,70 – 1,22)
Quartil 3	1,07 (0,90 – 1,27)	1,10 (0,83 – 1,44)
Quartil 4	1,15 (0,97 – 1,38)	<b>1,33 (1,02 – 1,74)</b>
<b>Modelo 5</b>		
<b>NDVI</b>		
Quartil 1	1,00	1,00
Quartil 2	0,93 (0,78 – 1,11)	0,84 (0,64 – 1,12)
Quartil 3	0,96 (0,80 – 1,15)	0,89 (0,67 – 1,19)
Quartil 4	1,04 (0,86 – 1,25)	1,08 (0,81 – 1,44)

AFMV: Atividade Física Moderada/Vigorosa; NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*;  
Vizinhança: *buffer* circular de 1000 metros

Modelo 1: ajustado por sexo, idade, escolaridade, centro de pesquisa e residência em área de favelas

Modelo 2a: Modelo 1 + percepção de segurança na vizinhança

Modelo 2b: Modelo 1 + percentual de domicílios com calçada pavimentada

Modelo 2c: Modelo 1 + percentual de domicílios com poste de iluminação pública

Modelo 2d: Modelo 1 + renda domiciliar *per capita* média da vizinhança

Tabela S5 – Associação da renda domiciliar *per capita* média com demais variáveis do ambiente de vizinhança de participantes residentes em Belo Horizonte e São Paulo, 2008-2010. N=4800.

Variáveis	Renda domiciliar <i>per capita</i> média					Valor p*
	Quartil 1	Quartil 2	Quartil 3	Quartil 4	Quartil 5	
<b>NDVI</b>						
Quartil 1	28,0	27,6	20,9	17,3	6,2	< 0,001
Quartil 2	28,1	24,5	23,3	14,6	9,5	
Quartil 3	14,5	21,0	21,5	15,5	27,5	
Quartil 4	9,4	6,9	14,4	32,5	36,8	
<b>% domicílios com calçada pavimentada</b>						
Quartil 1	39,5	32,2	15,8	8,3	4,2	< 0,001
Quartil 2	26,1	28,2	23,7	13,9	8,2	
Quartil 3	10,1	15,8	26,0	28,0	20,2	
Quartil 4	4,3	3,8	14,8	29,7	47,5	
<b>% domicílios com poste de iluminação pública</b>						
Quartil 1	30,8	34,8	16,9	10,5	7,0	< 0,001
Quartil 2	25,9	18,5	19,9	22,3	13,3	
Quartil 3	14,1	15,0	27,3	24,6	18,9	
Quartil 4	9,3	11,7	16,1	22,3	40,7	

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; %: percentual

Vizinhança: *Buffer* de 500 metros

\*Qui-Quadrado de Pearson

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta tese, avaliamos a associação da quantidade de áreas verdes da vizinhança com trajetórias de prática de atividade física e fatores de risco cardiometabólicos em até oito anos de seguimento entre participantes do ELSA-Brasil residentes em Belo Horizonte e São Paulo. Considerando a preponderância de estudos de delineamento transversal conduzidos em países do hemisfério Norte e de renda alta, esta tese avança ao apresentar resultados longitudinais sobre a relação entre áreas verdes e saúde cardiometabólica em um país tropical e de renda média, marcado por um processo de urbanização acelerado e desordenado, baixa quantidade de áreas verdes no ambiente urbano e amplas desigualdades no acesso a estruturas urbanas adequadas.

Na cidade de Belo Horizonte, resultados transversais indicaram que a maior quantidade de áreas verdes totais da vizinhança, mensuradas pelo NDVI, associou-se a reduções nas chances de obesidade e obesidade abdominal, além de associações limítrofes para o desfecho de HDL-c baixo após ajuste por características socioeconômicas individuais e condição socioeconômica da vizinhança. Ao analisar os componentes das áreas verdes separadamente, verificamos que a quantidade de árvores foi mais importante para a saúde cardiometabólica do que a vegetação rasteira. No entanto, não foram encontradas associações longitudinais estatisticamente significantes entre a quantidade de áreas verdes da vizinhança e esses fatores de risco cardiometabólicos no curto tempo de seguimento avaliado (aproximadamente quatro anos).

Como forma de buscar compreender associações mais distais entre as áreas verdes e a saúde cardiometabólica, também foi investigada a relação entre a quantidade de áreas verdes da vizinhança e trajetórias de prática de atividade física moderada/vigorosa em aproximadamente oito anos de seguimento (3 visitas) em participantes do ELSA-Brasil residentes nas cidades de Belo Horizonte e São Paulo. Foi evidenciado que a maior quantidade de áreas verdes associou-se consistentemente à manutenção da prática de atividade física moderada/vigorosa nas 3 visitas mesmo após ajustes por características socioeconômicas individuais, percepção de segurança e presença de calçadas e iluminação pública. No entanto, a associação não foi independente da condição socioeconômica da vizinhança.

Sendo assim, nossos resultados dão suporte parcial sobre o efeito protetor das áreas verdes nos desfechos cardiometabólicos de obesidade, obesidade abdominal e baixo HDL-c. Eles sugerem também a necessidade de estudos com maior tempo de exposição às áreas verdes do que o considerado no presente trabalho para detectar alterações na incidência dos fatores de

risco cardiometabólicos avaliados. Nossos resultados também nos levam a concluir que, embora as áreas verdes sejam importantes enquanto um recurso para estimular a manutenção da prática de atividade física, é a condição socioeconômica da vizinhança que primordialmente influencia esse comportamento, possivelmente por determinar um conjunto de características do ambiente que contribuem para a maior exposição dos indivíduos a fatores ambientais físicos e sociais adversos e que influenciam comportamentos relacionados à saúde, incluindo a distribuição de áreas verdes. Investigações futuras são necessárias para compreender melhor os mecanismos que explicam a relação entre as áreas verdes e os fatores de risco cardiometabólicos. É necessário identificar os possíveis mediadores nessa relação, além da prática de atividade física, como a coesão social comunitária, o estresse psicológico e a poluição.

Acreditamos, portanto, que o desenvolvimento de intervenções no ambiente urbano que visem a proteção, a manutenção e o aumento da quantidade de áreas verdes, especialmente em locais de maior privação socioeconômica, podem contribuir para melhorar a saúde cardiometabólica da população. Importante salientar que as populações vulneráveis socioeconomicamente são justamente aquelas que combinam piores perfis de risco cardiometabólico com menor quantidade e pior qualidade de recursos urbanos, como áreas verdes, além de mais exposições ambientais naturais adversas. Enfatizamos ainda que, entre tais intervenções, destaca-se o aumento da disponibilidade e do acesso aos parques públicos, os quais constituem-se estruturas urbanas para o estímulo a atividades de lazer e de convívio social e têm sido consistentemente associados ao aumento da prática de atividade.

Para além da relação entre áreas verdes e saúde cardiometabólica, notamos que há necessidade de avançar no desenvolvimento de estudos de delineamento longitudinal sobre áreas verdes e desfechos em saúde física e mental em países de renda média ou baixa, especialmente com populações mais vulneráveis, como as de menor condição socioeconômica, ou aquelas mais dependentes do entorno residencial mais próximo, como as pessoas idosas. Para tal, alguns avanços metodológicos são também necessários nesses países, tais como o aumento da disponibilidade de imagens de satélite de boa resolução espacial para longos períodos de tempo bem como o aumento da disponibilidade e do acesso a bases cartográficas específicas por município.

Ressaltamos ainda que as áreas verdes exercem um importante papel para a adaptação da população frente aos atuais eventos extremos causados pelas mudanças climáticas, como ondas de calor, secas e incêndios florestais. Somado a políticas de mitigação das mudanças climáticas, com o estímulo à redução da emissão de gases de efeito estufa, políticas de adaptação, como o desenvolvimento das áreas verdes no meio urbano, são essenciais para

diminuir a vulnerabilidade da população e aumentar a sua resiliência, contribuindo para a maior capacidade das pessoas em lidar e se recuperar das consequências das mudanças climáticas na medida em que elas ocorrem.

Destacamos, também, o papel importante que as áreas verdes têm desempenhado na manutenção da saúde de populações urbanas durante a pandemia da COVID-19. O uso de parques, praças e jardins tornou-se uma opção segura para o envolvimento em atividades recreativas diante da instalação de políticas de bloqueio e da necessidade de distanciamento social para diminuir a transmissão do vírus. Somado a isso, esses locais têm contribuído para amenizar os sintomas depressivos e de ansiedade causados pelo isolamento social e pelo sentimento de medo e incerteza que surgiram com a pandemia.

## REFERÊNCIAS

- ADLER, Nancy E.; STEWART, Judith. Health disparities across the lifespan: meaning, methods, and mechanisms. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 5-23, 2010. doi:10.1111/j.1749-6632.2009.05337.x
- ALLEN, Luke *et al.* Socioeconomic status and non-communicable disease behavioural risk factors in low-income and lower-middle-income countries: a systematic review. **The Lancet Global Health**, v. 5, n. 3, p. e277–e289, 2017. doi: 10.1016/S2214-109X(17)30058-X.
- AMBROSE, John A.; BARUA, Rajat S. The pathophysiology of cigarette smoking and cardiovascular disease: An update. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 43, n. 10, p. 1731–1737, 2004. doi: 10.1016/j.jacc.2003.12.047.
- AN, Ruopeng *et al.* Impact of ambient air pollution on obesity: a systematic review. **International Journal of Obesity**, v. 42, n. 6, p. 1112-1126, 2018. doi:10.1038/s41366-018-0089-y
- AQUINO, Estela M. L. *et al.* Brazilian Longitudinal Study of Adult health (ELSA-Brasil): Objectives and design. **American Journal of Epidemiology**, v. 175, n. 4, p. 315–324, 2012. doi: 10.1093/aje/kwr294.
- ARAÚJO, Carolina Abreu Henn de *et al.* Ambiente construído, renda contextual e obesidade em idosos: evidências de um estudo de base populacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 5, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00060217>
- ASF DAAC. **ALOS\_PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_hi\_res**. 2011. Disponível em: [https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS&zoom=7.297445380270126&center=-43.631171,-20.956665&polygon=POLYGON\(\(-44.391 -20.2999,-43.5775 -20.2999,-43.5775 -19.5435,-44.391 -19.5435,-44.391 -20.2999\)\)&end=2011-04-21T23:59:00Z&start=2011-01-01T00:00:00Z](https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS&zoom=7.297445380270126&center=-43.631171,-20.956665&polygon=POLYGON((-44.391 -20.2999,-43.5775 -20.2999,-43.5775 -19.5435,-44.391 -19.5435,-44.391 -20.2999))&end=2011-04-21T23:59:00Z&start=2011-01-01T00:00:00Z). Acesso em: 13 out. 2019.
- BARRETO, Patricia Amado *et al.* Is living near green areas beneficial to mental health? Results of the Pró-Saúde Study. **Revista de Saúde Pública**, v. 53, 75, 2019. doi: <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2019053001008>
- BILAL, Usama; AUCHINCLOSS, Amy H.; DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhood Environments and Diabetes Risk and Control. **Current Diabetes Reports**, v. 18, n. 62, p. 1-12, 2018. doi: 10.1007/s11892-018-1032-2.
- BOING, Antonio Fernando; BOING, Alexandra Crispim; SUBRAMANIAN, S. V. Inequalities in the access to healthy urban structure and housing: an analysis of the Brazilian census data. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n.6, e00233119. 25, 2021. doi:10.1590/0102-311X00233119
- BOCLIN, Karine de Lima Sírío; FAERSTEIN, Eduardo, de LEON, Antônio Carlos Monteiro Ponce. Características contextuais de vizinhança e atividade física de lazer: Estudo Pró-Saúde. **Revista de Saúde Pública**, v.48, n.2, p.249-257, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2014048004935>

BOWLER, Diana E. *et al.* Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, v. 97, p. 147–155, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Catálogo de imagens do satélite RapidEye do Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://geocatalogo.mma.gov.br/>. Acesso em: 18 jun. 2022.

BRAVEMAN, Paula A.; EGERTER, Susan A.; MOCKENHAUPT, Robin E. Broadening the focus: the need to address the social determinants of health. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 40, n.1, Suppl 1, p. S4-S18, 2011. doi:10.1016/j.amepre.2010.10.002

BROWNING Mathew, LEE Kangjae. Within what distance does “greenness” best predict physical health? A systematic review of articles with gis buffer analyses across the lifespan. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 7, p. 1–21, 2017. doi: 10.3390/ijerph14070675

CAFRUNI, Cristina Borges *et al.* Neighbourhood environment and transport-related and leisure-time sedentary behaviour amongst women in a city in Southern Brazil: a multilevel analysis. **International Journal of Public Health**, v. 64, n. 4, p. 511-522, 2019. doi:10.1007/s00038-019-01229-w

CHEN, Fan *et al.* Impact of exposure to noise on the risk of hypertension: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. **Environmental Research**, v. 195, 110813, 2021. doi:10.1016/j.envres.2021.110813

CHONG, S. *et al.* Neighbourhood greenspace and physical activity and sedentary behaviour among older adults with a recent diagnosis of type 2 diabetes: A prospective analysis. **BMJ Open**, v. 9, n. 11, e028947, 2019. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2019-028947>

CLAUDEL, Sophie E. *et al.* Association between Neighborhood-level Socioeconomic Deprivation and Incident Hypertension: A Longitudinal Analysis of Data from the Dallas Heart Study. **American Heart Journal**, v. 204, p. 109–118, 2018. doi: 10.1016/j.ahj.2018.07.005.

COELHO JÚNIOR, José Machado; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Júlio da Silva CO. **Topografia Geral**. Recife: EDUFRPE, 2014. 155p.

COON, J. Thopsom *et al.* Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors? A systematic review. **Environmental Science and Technology**, v. 45, p. 1761–1772, 2011. doi: 10.1021/es102947t.

DANTAS, João Gabriel Trajano; De MICHELI, Denise. A favela onde moro: o território sob a perspectiva dos jovens. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 26, n. 07, 2021. <https://doi.org/10.1590/1413-81232021267.07552021>.

DIEZ-ROUX, Ana V. Investigating neighborhood and area effects on health. **American Journal of Public Health**, v. 91, n. 11, p. 1783–1789, 2001. doi: 10.2105/ajph.91.11.1783

DIEZ-ROUX, Ana V. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? **Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique**, v. 55, n. 1, p. 13–21, 2007. doi: 10.1016/j.respe.2006.12.003

DIEZ-ROUX, Ana V. Residential Environments and Cardiovascular Risk. **Journal of Urban Health**, v. 80, n. 4, p. 569–589, 2003. doi: 10.1093/jurban/jtg065.

DIEZ-ROUX, Ana V.; MAIR, Christina. Neighborhoods and health. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1186, p. 125–145, 2010. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.05333.x.

DIXON, Brittney N. *et al.* Associations between the built environment and dietary intake, physical activity, and obesity: A scoping review of reviews. **Obesity Reviews**, v. 22, n.4, e13171, 2021. doi:10.1111/obr.13171

DZHAMBOV, Angel M. *et al.* Lower noise annoyance associated with GIS-derived greenspace: Pathways through perceived greenspace and residential noise. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 7, p. 1–15, 2018. doi: 10.3390/ijerph15071533

EXPERT PANEL ON DETECTION, EVALUATION, AND TREATMENT OF HIGH BLOOD CHOLESTEROL IN ADULTS. Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III). **Journal of the American Medical Association**, v. 285, n. 19, p. 2486–2497, 2001.

FAERSTEIN, Eduardo *et al.* Associations of neighborhood socioeconomic, natural and built environmental characteristics with a 13-year trajectory of non-work physical activity among civil servants in Rio de Janeiro, Brazil: The Pro-Saude Study. **Health & Place**, v. 53, p. 110–116, 2018. doi: 10.1016/j.healthplace.2018.07.014.

FALUDI, André Arpad *et al.* Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose – 2017. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 109, n. 2 Suppl. 1, p. 1–76, 2017.

FEDELI, Ligia G. *et al.* Logística de coleta e transporte de material biológico e organização do laboratório central no ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 63–71, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047003807>

FELIX, Iara Musse; KAZMIERCZAK, Marcos Leandro; ESPINDOLA, Giovana Mira de. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal, Brasil. **Anais [...]**. São José dos Campos: INPE, p. 7619-7622.

FLORINDO, Alex Antônio *et al.* Public Open Spaces and Leisure-Time Walking in Brazilian Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n. 6, 553, 2017. doi: 10.3390/ijerph14060553.

FONG, Kelvin C; HART, Jamie E.; JAMES, Peter. A Review of Epidemiologic Studies on

Greenness and Health: Updated Literature Through 2017. **Current Environmental Health Reports**, v. 5, p. 77-87, 2015. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0179-y>

FORASTER, Maria *et al.* Long-term exposure to transportation noise and its association with adiposity markers and development of obesity. **Environment International**, v. 121, n. 1, p. 879-889, 2018. doi:10.1016/j.envint.2018.09.057

FRANK, Lawrence D.; HONG, Andy; NGO, Victor Douglas. Causal evaluation of urban greenway retrofit: A longitudinal study on physical activity and sedentary behavior. **Preventive Medicine**, v. 123, p. 109–116, 2019. doi: 10.1016/j.ypmed.2019.01.011.

FREITAS, Eulilian Dias de *et al.* Instrumento para condução de observação social sistemática: Métodos e resultados da concordância interobservadores. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 10, p. 2093–2104, 2013. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00086812>

FUENTE, Felipe De La *et al.* Green Space Exposure Association with Type 2 Diabetes Mellitus, Physical Activity, and Obesity: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, 97, 2021. doi: <https://dx.doi.org/10.3390/ijerph18010097>

GATRELL, Anthony C.; ELLIOTT, Susan J. Quantitative Methods and Geographical Information System (GIS). *In*: GATRELL, Anthony C.; ELLIOTT, Susan J. **Geographies of Health: An Introduction**. 3. ed. Chichester: Wiley Blackwell, 2015. cap. 3, p. 65-100.

GENESHKA, Mariya *et al.* Relationship between green and blue spaces with mental and physical health: A systematic review of longitudinal observational studies. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 17, 2021. doi: 10.3390/ijerph18179010

GÓMEZ, Luis F. *et al.* Built Environment Attributes and Walking Patterns Among the Elderly Population in Bogotá. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 38, n. 6, p. 592–599, 2010. doi: 10.1016/j.amepre.2010.02.005.

HAAN, Mary; KAPLAN, George A.; CAMACHO, Terry. Poverty and Health: Prospective Evidence from the Alameda County Study. **American Journal of Epidemiology**, v. 185, n. 11, p. 1161–1170, 2017. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a114637.

HANSEN, Margaret M. *et al.* Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, n.8, 851, 2017. doi:10.3390/ijerph14080851

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Documentação do Arquivo**. IBGE, 2011. Disponível em: [Disponível em: https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html](https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html). Acesso em 28 jan. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de face de logradouros**. IBGE, 2010. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/recortes\\_para\\_fins\\_estatisticos/malha\\_de\\_setores\\_](ftp://geoftp.ibge.gov.br/recortes_para_fins_estatisticos/malha_de_setores_)

censitarios/censo\_2010/base\_de\_faces\_de\_logradouros/. Acesso em: 7 ago. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Características da População e dos Domicílios: Resultados do Universo - Agregados por Setor Censitário**. IBGE, 2011. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: 18 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 18 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Modelo Digital de Elevação**. IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 28 mar. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução da Presidência nº01/2015 de 24 de fevereiro de 2015**. Define a data de término do período de transição definido na RPR 01/2005 e dá outras providências sobre a transformação entre os referenciais geodésicos adotados no Brasil. IBGE, 2015. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_2015\\_sirgas2000.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf). Acesso em 18 jun. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **ALOS - Advanced Land Observing Satellite**. São José dos Campos: INPE, 2013. Disponível em: [https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao\\_alos.html](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_alos.html). Acesso em: 28 mar. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **RapidEye**. São José dos Campos: INPE, 2020. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/rapideye>. Acesso em: 28 fev. 2020.

JAMES, Peter *et al.* A Review of the Health Benefits of Greenness. **Current Epidemiology Reports**, v. 2, n. 2, p. 131–142, 2015. doi: 10.1007/s40471-015-0043-7.

JENNINGS, Viniece; BAMKOLE, Omoshalewa. The relationship between social cohesion and urban green space: An avenue for health promotion. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 452, 2019. doi: 10.3390/ijerph16030452.

KÄRMENIEMI, Mikko *et al.* The Built Environment as a Determinant of Physical Activity: A Systematic Review of Longitudinal Studies and Natural Experiments. **Annals of Behavioral Medicine**, v. 52, p. 239–251, 2018. doi: 10.1093/abm/kax043.

KAUFMAN, Jay S. Social Epidemiology. *In*: ROTHMAN, Kenneth J.; GREENLAND, Sander; LASH, Timothy L. **Modern epidemiology**. 3 ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2008. Cap. 26, p. 532-548.

KAWACHI, Ichiro; BERKMAN, Lisa F. Social Capital, Social Cohesion, and Health. *In*: BERKMAN, Lisa F.; KAWACHI, Ichiro. **Social Epidemiology**. New York: Oxford University Press, 2014. cap. 8, p. 290-319.

KAWACHI, Ichiro; SUBRAMANIAN, S. V. Income Inequality. *In*: BERKMAN, Lisa F.; KAWACHI, Ichiro; Glymour, M. Maria. **Social Epidemiology**. 2. ed. New York: Oxford University Press, 2014. cap. 4, p. 126-152.

KEIJZER, Carmen *et al.* Long-term exposure to greenspace and metabolic syndrome: A Whitehall II study. **Environmental Pollution**, v. 255, n. 113231, 2019. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113231.

KOMORI, T. *et al.* Relaxation Effect of a 2-Hour Walk in Kumano-Kodo Forest. **Journal of Neurology and Neuroscience**, v. 8, n. 1, 2017. doi: 10.21767/2171-6625.1000174

KONDO, Michelle C. *et al.* Neighborhood Interventions to Reduce Violence. **Annual Review of Public Health**, v. 39, p. 253–271, 2018. doi: 10.1146/annurev-publhealth-040617-014600.

KONDO, Michelle C. *et al.* Urban green space and its impact on human health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 3, 2018. doi: 10.3390/ijerph15030445.

KONDO, Michelle C.; JACOBY, Sara F.; SOUTH, Eugenia C. Does spending time outdoors reduce stress? A review of real-time stress response to outdoor environments. **Health & Place**, v. 51, p. 136–150, 2018. doi: 10.1016/j.healthplace.2018.03.001.

KUMAR, Prashant *et al.* The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. **Environment International**, v. 133, n. 105181, 2019. doi: 10.1016/j.envint.2019.105181.

LOHMAN, T. G.; ROCHE, A. F.; MARTORELL, R. **Anthropometric Standardization Reference Manual**. Champaign: Human Kinetics, 1998.

LUO, Ya-Na *et al.* Greenspace with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies up to 2020. **Obesity Reviews**, v. 21, p. 1–28, 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.13078>

MACBRIDE-STEWART, S.; GONG, Y.; ANTELL, J. Exploring the interconnections between gender, health and nature. **Public Health**, v. 141, p. 279–286, 2016. doi: 10.1016/j.puhe.2016.09.020.

MARKEVYCH, Iana *et al.* Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. **Environmental Research**, v. 158, p. 301–317, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.028>

MAROKO, Andrew; MAANTAY, Juliana A.; GRADY, Kristen. Using Geovisualization and Geospatial Analysis to Explore Respiratory Disease and Environmental Health Justice in New York City. *In*: MAANTAY, Juliana A.; MCLAFFERTY Sara. **Geospatial Analysis of Environmental Health**. New York: Springer; 2011. cap. 2, p. 39-66.

MATSUDO, Sandra *et al.* International physical activity questionnaire (IPAQ): study of validity and reliability in Brazil. **Atividade Física & Saúde**, v. 6, n. 2, p. 5–18, 1998.

<https://doi.org/10.12820/rbafs.v.6n2p5-18>

MENDES, Larissa Loures *et al.* Individual and environmental factors associated for overweight in urban population of Brazil. **BMC public health**, v. 13, 988, 2013. doi:10.1186/1471-2458-13-988

MILL, Jose Geraldo *et al.* Aferições e exames clínicos realizados nos participantes do ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, supl. 2, p. 54–62, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047003851>

MIRANDA, J. Jaime *et al.* Understanding the rise of cardiometabolic diseases in low- and middle-income countries. **Nature Medicine**, v. 25, p. 1667–1679, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0644-7>

MITCHELL, R. **What is Equigenesis and how might it help narrow health inequalities?** 2013. Disponível em: <https://cresh.org.uk/2013/11/08/what-is-equigenesis-and-how-might-it-help-narrow-health-inequalities/#comments>. Acesso em: 26 maio 2022.

MOHAMMED, Shimels Hussien *et al.* Neighbourhood socioeconomic status and overweight/obesity: A systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. **BMJ Open**, v. 9, p. e028238, 2019. doi: 10.1136/bmjopen-2018-028238.

MORAN, Mika R. *et al.* The equigenic effect of greenness on the association between education with life expectancy and mortality in 28 large Latin American cities. **Health & Place**, v. 72, 102703, 2021. doi:10.1016/j.healthplace.2021.102703

MOREIRA, Tiana C. L. *et al.* Green Spaces, Land Cover, Street Trees and Hypertension in the Megacity of São Paulo. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n.3, 725, 2020. doi:10.3390/ijerph17030725

MOURA, Ana Clara Mourão *et al.* Geoprocessamento no apoio a políticas do programa Vila Viva em Belo Horizonte-MG: intervenções em assentamentos urbanos precários. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 2, p. 177–88, 2009.

MUJAHID, Mahasin S. *et al.* Assessing the measurement properties of neighborhood scales: From psychometrics to ecometrics. **American Journal of Epidemiology**, v. 165, n. 8, p. 858–867, 2007. doi: 10.1093/aje/kwm040.

NEUENSCHWANDER, Manuela *et al.* Role of diet in type 2 diabetes incidence: Umbrella review of meta-analyses of prospective observational studies. **The BMJ**, v. 366, n. 12368, 2019. doi: 10.1136/bmj.12368.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2008.

O'BRIEN, Daniel T.; FARRELL, Chelsea; WELSH, Brandon C. Broken (windows) theory: A meta-analysis of the evidence for the pathways from neighborhood disorder to resident health outcomes and behaviors. **Social Science and Medicine**, v. 228, p. 272–292, 2019. doi: 10.1016/j.socscimed.2018.11.015.

OMPAD, Danielle C; GALEA, Sandro; VLAHOV, David. Urbanicity, Urbanization, and the Urban Environment. *In*: GALEA, Sandro. **Macrosocial Determinants of Population Health**. New York: Springer Science, 2007. cap. 3, p. 53-70.

PERSSON, Å. *et al.* Urban residential greenness and adiposity: A cohort study in Stockholm County. **Environment International**, v. 121, p. 832–841, 2018. doi: 10.1016/j.envint.2018.10.009.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; KUPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Prodabel. **BH Map**. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <http://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=4&lat=7796893.0925&lon=609250.9075&baselayer=base>. Acesso em: 7 ago. 2019.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Prodabel detalha tamanho e número de bairros das regionais**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/prodabel-detalha-tamanho-e-numero-de-bairros-das-regionais>. Acesso em: 18 jun. 2022.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **GeoSampa Mapa**. São Paulo, 2022. São Paulo, 2022. Disponível em: [http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/\\_SBC.aspx](http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx). Acesso em: 18 jun. 2022.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. 2022. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/>. Acesso em: 18 jun. 2022.

QIN, Pei *et al.* Long-term association of ambient air pollution and hypertension in adults and in children: A systematic review and meta-analysis. **The Science of the total environment**, v. 796, 148620, 2021. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.148620

RAUDENBUSH, Stephen W. The Quantitative Assessment of Neighborhood Social Environments. *In*: KAWACHI, Ichiro; BERKMAN, Lisa F. **Neighborhoods and Health**. New York: Oxford University Press; 2003. cap. 5, p. 112–131.

RESEARCH COMMITTEE IPAQ. **Guidelines for Data Processing and Analysis of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) – Short and Long Forms**. 2005. 15 p.

RHEW, Isaac C. *et al.* Validation of the Normalized Difference Vegetation Index as a measure of neighborhood greenness. **Annals of Epidemiology**, v. 21, n. 12, p. 946–952, 2011. doi: 10.1016/j.annepidem.2011.09.001.

RICHARDSON, Elizabeth A.; MITCHELL, Richard. Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom. **Social Science and Medicine**, v. 71, p. 568–575, 2010. doi: 10.1016/j.socscimed.2010.04.015.

RODGERS, Justin *et al.* Social capital and physical health: An updated review of the literature for 2007–2018. **Social Science and Medicine**, v. 236, n. 112360, 2019. doi: 10.1016/j.socscimed.2019.112360.

ROUSE, J. W. *et al.* Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. *In: Earth Resources Technology Satellite (ERTS) symposium*, 3, Texas, 1973. **Proceedings** [...], p. 309–317, 1973. Disponível em: <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022614.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2020.

SALLIS, J. F. *et al.* The Role of Built Environments in Physical Activity, Obesity, and CVD. **Circulation**, v. 125, n. 5, p. 729–737, 2012.

SANTOS, Simone M. *et al.* Cross-cultural adaptation and reliability of measurements on self-reported neighborhood characteristics in ELSA-Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 122–130, 2013. doi: 10.1590/s0034-8910.2013047003871.

SARKAR, Chinmoy. Residential greenness and adiposity: Findings from the UK Biobank. **Environment International**, v. 106, p. 1–10, 2017. doi: 10.1016/j.envint.2017.05.016.

SCHÜLE, Steffen Andreas *et al.* Social Inequalities in Environmental Resources of Green and Blue Spaces: A Review of Evidence in the WHO European Region. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n.7, 1216, 2019. doi:10.3390/ijerph16071216

SCHULZ, Amy; NORTHRIDGE, Mary E. Social determinants of health: implications for environmental health promotion. **Health, Education & Behaviour**, v. 31; n.4; p. 455-471, 2004. doi: 10.1177/1090198104265598.

SCHWARTZ, S.; SUSSER, E.; SUSSER, M. A future for epidemiology? **Annual Review of Public Health**, v. 20, p. 15-33, 1999. doi:10.1146/annurev.publhealth.20.1.15

SILVEIRA, Ismael Henrique da; JUNGER, Washington Leite. Green spaces and mortality due to cardiovascular diseases in the city of Rio de Janeiro. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, 2018. doi: <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000290>.

STULTS-KOLEHMAINEN, Matthew A; SINHA, Rajita. The effects of stress on physical activity and exercise. **Sports Medicine**, v. 44, n.1, p. 81-121, 2014. doi:10.1007/s40279-013-0090-5

SUGIYAMA, T. The Built Environment and Physical Activity Behaviour Change: New Directions for Research? **Res Exerc Epidemiol**, v. 14, n. 2, p. 118–124, 2012.

SUGIYAMA, Takemi *et al.* Initiating and maintaining recreational walking: a longitudinal study on the influence of neighborhood green space. **Preventive Medicine**, v. 57, n.3, p.178-82, 2013. doi:10.1016/j.ypmed.2013.05.015

SUGLIA, Shakira F. *et al.* Why the Neighborhood Social Environment Is Critical in Obesity Prevention. **Journal of Urban Health**, v. 93, n. 1, p. 206–212, 2016. doi: 10.1007/s11524-015-0017-6.

SUSSER, Mervyn; SUSSER, Ezra. Choosing a future for epidemiology: I. Eras and paradigms. **American Journal of Public Health**, v. 86, n. 5, p. 668-673, 1996. doi:10.2105/ajph.86.5.668.

SUSSER, Mervyn; SUSSER, Ezra. Choosing a future for epidemiology: II. From black box to Chinese boxes and eco-epidemiology. **American Journal of Public Health**, v. 86, n. 5, p. 674-677, 1996. doi:10.2105/ajph.86.5.674.

TAYLOR, Lucy; HOCHULI, Dieter F. Defining greenspace: Multiple uses across multiple disciplines. **Landscape and Urban Planning**, v. 158, p. 25–38, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.024>

THORNTON, Lukar E.; PEARCE, Jamie R.; KAVANAGH, Anne M. Using Geographic Information Systems (GIS) to assess the role of the built environment in influencing obesity: A glossary. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, v. 8, n. 71, 2011. doi: 10.1186/1479-5868-8-71.

TRAVERSY, Gregory; CHAPUT, Jean-Philippe. Alcohol Consumption and Obesity: An Update. **Current Obesity Reports**, v. 4, n.1, p. 122-130, 2015. doi:10.1007/s13679-014-0129-4

TWOHIG-BENNETT, Caoimhe; JONES, Andy. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. **Environmental Research**, v. 166, p. 628–637, 2018. doi: 10.1016/j.envres.2018.06.030.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Centro de Estudos da Metrópole**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://centrodametropole.fflch.usp.br/pt-br/transferencia-e-dados>. Acesso em: 18 jun. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Plano Metropolitano da RMBH**. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <http://www.rmbh.org.br/index.php>. Acesso em: 18 jun. 2022.

WANG, Monica L. *et al.* Neighborhood social cohesion and physical activity and obesity outcomes among Native Hawaiian and Pacific Islander individuals. **Obesity**, v. 30, n.1, p. 249-256, 2022. doi:10.1002/oby.23298

WEED, Douglas L. Beyond black box epidemiology. **American Journal of Public Health**, v. 88, n.1, p. 12-4, 1998. doi:10.2105/ajph.88.1.12.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ambient air quality database**. Geneva: WHO, 2022. Disponível em: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/air-pollution-documents/air-quality-and-health/who-air-quality-database-2022---v7.pdf?sfvrsn=c6d52e7b\\_7&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/air-pollution-documents/air-quality-and-health/who-air-quality-database-2022---v7.pdf?sfvrsn=c6d52e7b_7&download=true). Acesso em: 15 maio 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Biological mechanisms related to cardiovascular and metabolic effects by environmental noise**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018. (Technical Report Series). Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/346548>. Acesso em: 18 jun. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Cardiovascular diseases (CVDs)**. WHO, 2021. Disponível em: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)#:~:text=The most important behavioural risk,lipids%2C and overweight and obesity.](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)#:~:text=The most important behavioural risk,lipids%2C and overweight and obesity.) Acesso em: 15 maio. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Diabetes**. WHO, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>. Acesso em: 15 maio. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Atlas on Cardiovascular Disease Prevention And Control: Policies, Strategies and Interventions**. Geneva: WHO, 2011. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241564373>. Acesso em 18 jul. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global Report on Diabetes**. Geneva: WHO, 2016. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565257>. Acesso em 18 jul. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks**. Geneva: WHO, 2009. Disponível em: [https://reliefweb.int/report/world/global-health-risks-mortality-and-burden-disease-attributable-selected-major-risks?gclid=CjwKCAjwqauVBhBGEiwAXOepkQG8fSs-ancDR2h7d7rk2SYiLin9hMJJqNwcl4bXxLz1A7QxOM9HjxoC9eYQAvD\\_BwE](https://reliefweb.int/report/world/global-health-risks-mortality-and-burden-disease-attributable-selected-major-risks?gclid=CjwKCAjwqauVBhBGEiwAXOepkQG8fSs-ancDR2h7d7rk2SYiLin9hMJJqNwcl4bXxLz1A7QxOM9HjxoC9eYQAvD_BwE). Acesso em 16 jun 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noncommunicable diseases**. WHO, 2021. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>. Acesso em: 15 maio. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Noncommunicable diseases - Country profiles 2018**. Geneva: WHO, 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241514620>. Acesso em 18 jul. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Obesity: preventing and managing the global epidemic**. Geneva, WHO, 2000. (Technical Report Series, v. 894). Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>. Acesso em 18 jun. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **The Atlas of Heart Disease and Stroke**. Geneva: WHO, 2004. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43007>. Acesso em 18 jul. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Urban green spaces and health**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2016.

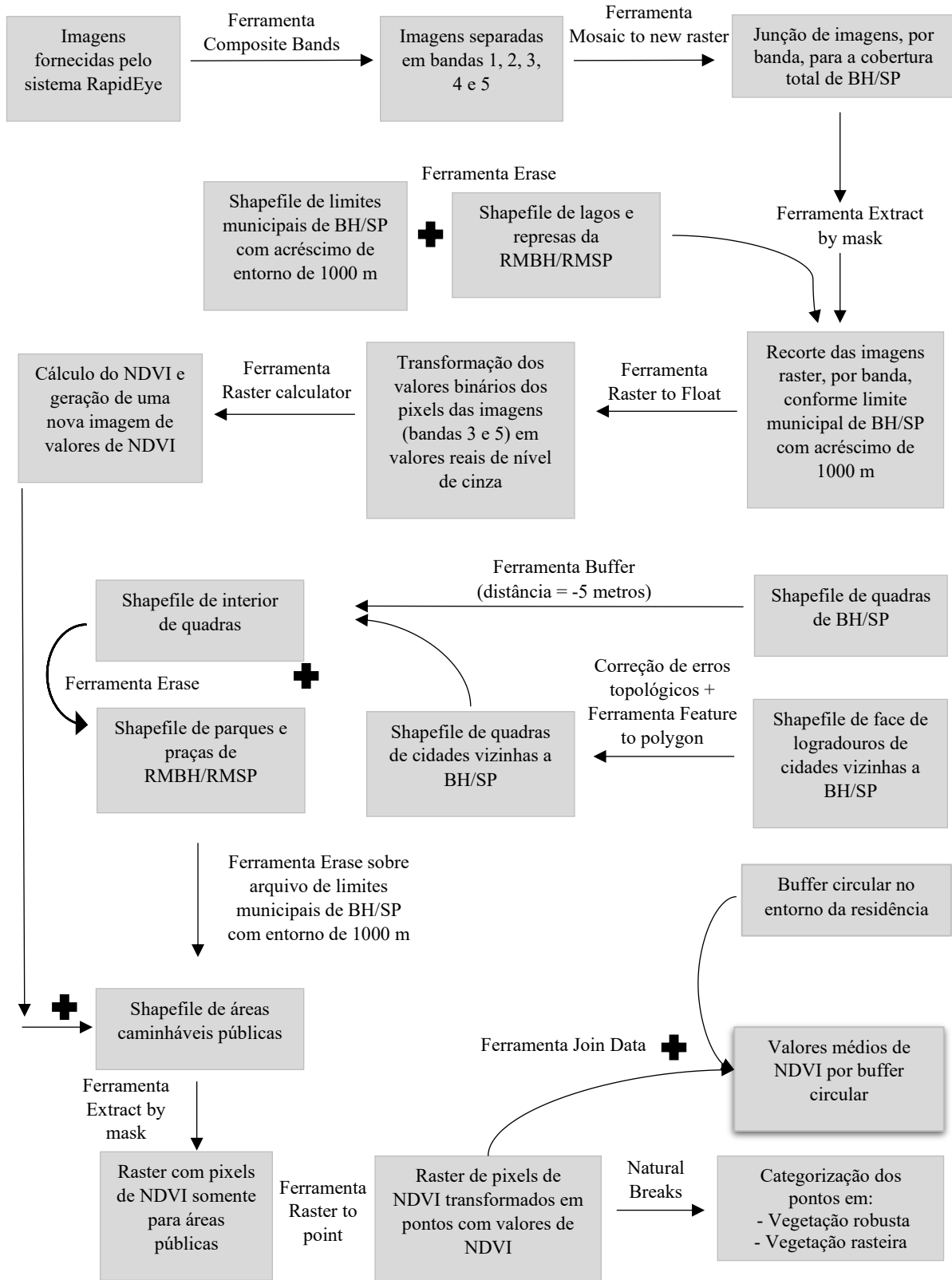
WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World report on violence and health**. Geneva: WHO, 2002. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9241545615> Acesso em 18 jun. 2022.

WU, Zhi Jian *et al.* Influence of the built environment of Nanjing's Urban Community on the leisure physical activity of the elderly: An empirical study. **BMC Public Health**, v. 19, n. 1459, 2019. doi: 10.1186/s12889-019-7643-y.

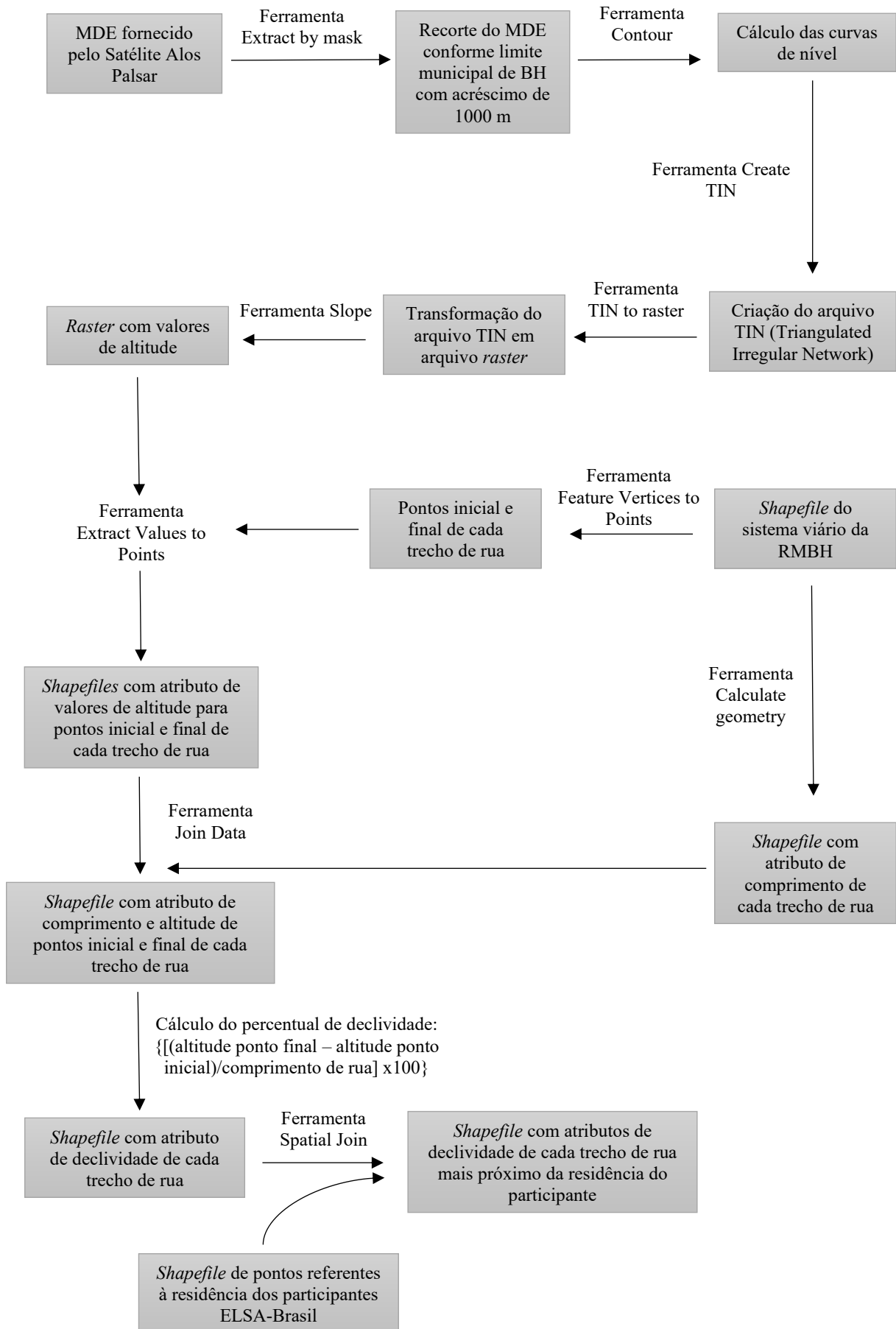
- XIE, Bo *et al.* Casual evaluation of the effects of a large-scale greenway intervention on physical and mental health: A natural experimental study in China. **Health & Place**, v. 67, 102502, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127419>
- YANG, Bo-Yi *et al.* Associations of greenness with diabetes mellitus and glucose-homeostasis markers: The 33 Communities Chinese Health Study. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 222, n.2, p. 283-290, 2019. doi:10.1016/j.ijheh.2018.12.001
- YANG, Bo Yi *et al.* Residential greenness and blood lipids in urban-dwelling adults: The 33 Communities Chinese Health Study. **Environmental Pollution**, v. 250, p. 14–22, 2019. doi: 10.1016/j.envpol.2019.03.128.
- ZHANG, Ru *et al.* Associations between the physical environment and park-based physical activity: A systematic review. **Journal of Sport and Health Science**, v. 8, n. 5, p. 412-421, 2019. doi:10.1016/j.jshs.2018.11.002
- ZHAO, Yu *et al.* Association between greenspace and blood pressure: A systematic review and meta-analysis. **The Science of the Total Environment**, v. 817, 152513, 2022. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.152513
- ZHENG, Yan; LEY, Sylvia H.; HU, Frank B. Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 14, n. 2, p. 88–98, 2018. doi: 10.1038/nrendo.2017.151.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Etapas do geoprocessamento para obtenção de valores de médios de NDVI e de percentuais de vegetação arbórea e rasteira



## APÊNDICE B – Etapas do geoprocessamento para obtenção de valores de declividade



# APÊNDICE C - Artigo original 1 no formato publicado no periódico Health & Place

Health & Place 72 (2021) 102699



Contents lists available at ScienceDirect

Health and Place

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/healthplace](http://www.elsevier.com/locate/healthplace)



## Neighborhood greenspace and cardiometabolic risk factors: Cross-sectional and longitudinal analysis in ELSA-Brasil participants

Luciene Fátima Fernandes Almeida<sup>a</sup>, Sandhi Maria Barreto<sup>b</sup>, Renato César Ferreira de Souza<sup>c</sup>,  
Letícia de Oliveira Cardoso<sup>d</sup>, Luana Giatti<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Postgraduate Program in Public Health, School of Medicine, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

<sup>b</sup> School of Medicine and Clinical Hospital, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

<sup>c</sup> School of Architecture, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil

<sup>d</sup> National School of Public Health, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Greenspace  
Tree cover  
Herbaceous cover  
Adults  
Cardiometabolic risk factors

### ABSTRACT

Greater neighborhood greenspace has been associated with better cardiometabolic risk factors, especially in high-income countries. This cross-sectional and longitudinal study assessed this association in approximately 2000 participants of the Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil) residing in Belo Horizonte, a large Brazilian capital city. Neighborhood greenspace was studied through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and two additional types, percentages of tree cover and herbaceous cover. Multivariable logistic regression models estimated the cross-sectional and longitudinal associations of neighborhood greenspace with three metabolic factors – (i) obesity, (ii) abdominal obesity, and (iii) low HDL-cholesterol – after adjustment for individual sociodemographic factors and neighborhood average household income *per capita*. Cross-sectional results showed that higher neighborhood greenspace was associated with lower odds of obesity, abdominal obesity and low HDL-c. However, neighborhood greenspace was not associated with the incidence of any of these risk factors. The percentage of tree cover seemed to contribute more to the associations found with NDVI than the percentage of herbaceous cover. The results support the evidence that increased neighborhood greenspace contributes to maintain a better cardiometabolic health.

### 1. Introduction

Neighborhood greenspace has been increasingly recognized as a health promoting contextual factor. Described as public urban structures around residence with any type of vegetation, including parks, squares, gardens, zoos, streets trees, and flower beds (Taylor and Hochuli, 2017; World Health Organization, 2016), neighborhood greenspace seems to promote the practice of physical activity (Jia et al., 2018; Kondo et al., 2018; Milà et al., 2020), as well as the decrease of environmental temperature, air pollution, or noise, contributing to stress reduction (Markevych et al., 2017; World Health Organization, 2016).

Each type of greenspace may contribute differently to the relationship between neighborhood greenspace and health. Tree cover, for instance, plays a very important role in improving air quality by absorbing pollutants and facilitating the deposition of particulate

matters on its surface, in addition to providing shade and contributing to thermal comfort (Bowler et al., 2010; Kumar et al., 2019). On the other hand, herbaceous cover, composed of grasses and shrubs, can contribute to improving the esthetics of the environment and reducing the surface temperature when compared to concrete or asphalt surfaces (Bowler et al., 2010; Tsai et al., 2019). For these reasons, many studies may well have indicated a beneficial effect of total vegetation on health without specifying the type. Total vegetation is generally evaluated by the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and commonly denominated as greenness (Browning and Lee, 2017; Fong et al., 2018; Kondo et al., 2018; Luo et al., 2020; Rhew et al., 2011).

Obesity, abdominal obesity, and dyslipidemia are well-known and highly prevalent cardiometabolic risk factors for cardiovascular diseases (CVD), type 2 diabetes mellitus (DM), and other noncommunicable diseases (NCD) (World Health Organization, 2018). Cardiometabolic

\* Corresponding author. School of Medicine and Clinical Hospital, Universidade Federal de Minas Gerais. Avenida Alfredo Balena, 190, Santa Efigênia, Belo Horizonte, Minas Gerais, 30130-100, Brazil.

E-mail addresses: [lucienefernandesalmeida@gmail.com](mailto:lucienefernandesalmeida@gmail.com) (L.F.F. Almeida), [sandhi.barreto@gmail.com](mailto:sandhi.barreto@gmail.com) (S.M. Barreto), [rcesarfs@gmail.com](mailto:rcesarfs@gmail.com) (R.C.F. Souza), [leticiaoliveiracardoso@gmail.com](mailto:leticiaoliveiracardoso@gmail.com) (L.O. Cardoso), [luana.giatti@gmail.com](mailto:luana.giatti@gmail.com), [luanagiatti@ufmg.br](mailto:luanagiatti@ufmg.br) (L. Giatti).

<https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102699>

Received 15 February 2021; Received in revised form 22 September 2021; Accepted 15 October 2021

Available online 20 October 2021

1353-8292/© 2021 Elsevier Ltd. All rights reserved.

risk among individuals results from a complex interaction among environmental, social, economic, family, and individual factors (Diez-Roux and Mair, 2010). Physical environmental characteristics, especially neighborhood greenspaces, have been associated with the cardiometabolic risk profile. A meta-analysis of one longitudinal and five cross-sectional studies showed an association between greater neighborhood greenspaces and lower odds of overweight/obesity (Luo et al., 2020). Although the number of studies is small, greater neighborhood greenspace has been cross-sectionally associated with lower odds of dyslipidemia (Fan et al., 2020; Yang et al., 2019) and has been longitudinally associated with higher levels of HDL-c (High Density Lipoprotein cholesterol) (Twohig-Bennett and Jones, 2018) and a lower risk of large waist circumference (Keijzer et al., 2019).

However, the exposures to neighborhood greenspace and metabolic risk factors are unequally distributed, and both are associated with contextual factors (Dennis et al., 2020). For example, individuals with lower socioeconomic position tend to live in steeper areas that are generally more arid and more poorly served by different kinds of urban infrastructure, including parks. In Brazil, shantytowns are often placed in uninhabitable hilly areas, which are generally less suitable for routine physical activity (Wu et al., 2019), even when there are greenspaces in the area. However, steeper areas may bring physical exertion into daily life, as individuals need to climb uphill in order to reach daily destinations. Likewise, neighborhoods with a poorer socioeconomic status have been associated with less availability of parklands (Astell-Burt et al., 2014), as well as with worse health behaviors, such as less physical activity (Boone-Heinonen et al., 2011) and an inadequate consumption of fruits and vegetables (Dubowitz et al., 2008).

There is some indication that contextual and individual factors, such as neighborhood socioeconomic status and gender, can also modify the association between neighborhood greenspace and health outcomes (Markevych et al., 2017). Some studies show that greener areas provide more health benefits in poor neighborhoods (Brown et al., 2016; Mitchell and Popham, 2008; Persson et al., 2018), other studies show that greenspaces bring more health benefits in affluent areas (Crouse et al., 2017), while some studies show that greenspaces benefit health similarly across all socioeconomic strata (Keijzer et al., 2019; Tsai et al., 2019). Furthermore, the beneficial associations between greenspaces and health appear stronger among women (Bolte et al., 2019; Huang et al., 2020; Keijzer et al., 2019; MacBride-Stewart et al., 2016; Markevych et al., 2017; Persson et al., 2018; Yang et al., 2019).

Studies on the relationship between neighborhood greenspaces and cardiometabolic risk factors are commonly cross-sectional and rare in low- and middle-income countries (Kondo et al., 2018; Luo et al., 2020), especially in Latin America, where greenspaces and structural and social resources, like parks and sports facilities, tend to be scarcer and/or poorly distributed in intra-urban environments (Adams et al., 2014; Rigolon et al., 2018).

Given the scarcity of evidence on the relationship between neighborhood greenspaces and cardiometabolic factors from low- and middle-income countries, and considering that the follow-up period of the ELSA-Brasil cohort is relatively short, both cross-sectional and longitudinal studies were conducted to contribute to this literature gap. In this context, this study aimed to investigate whether neighborhood greenness was associated with the prevalence and incidence of obesity, abdominal obesity, and low HDL-cholesterol, and whether these associations differed according to a given neighborhood's gender and socioeconomic status. This study also investigated if each type of neighborhood greenspace (tree cover and herbaceous cover) contributes similarly or differently to the aforementioned outcomes. Based on the literature discussed above, we hypothesized that: 1) both the prevalence and the incidence of metabolic risk factors were lower among individuals exposed to higher neighborhood greenness; 2) the magnitudes of the associations found would be greater among women and vary according to the socioeconomic status of each neighborhood.

## 2. Methods

### 2.1. Study design and scenario

A cross-sectional and longitudinal analysis was conducted using the ELSA-Brasil cohort data of participants residing in Belo Horizonte, Brazil. In 2010, the municipality had 3936 urban census tracts (Brazilian Institute of Geography and Statistics, 2011), 2,375,151 inhabitants, a demographic density of 7167 inhabitants/km<sup>2</sup> (Brazilian Institute of Geography and Statistics, 2017), and a Human Development Index (HDI) of 0.810 (United Nations Development Programme, 2010). The HDI is a summary measure of the average performance of three main dimensions of human development (health, education, and income), varying from zero to one, with higher values indicating better evaluation (United Nations Development Programme, 2021).

ELSA-Brasil is a multicenter cohort that included 15,105 civil servants, active and retired (due to old age, working span, or health), from teaching and research institutions in six Brazilian cities (Belo Horizonte, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Salvador, São Paulo, and Vitória). It was designed with the aim of investigating the incidence of chronic diseases, especially diabetes and cardiovascular diseases, together with their behavioral, biological, environmental, occupational, psychosocial, and social risk factors (Aquino et al., 2012). A baseline data collection (visit 1) was carried out in 2008–2010, and a second visit (visit 2) with interviews and exams took place in 2012–2014, with the participation of 93.4% of those eligible. The study was approved by the Research Ethics Committee of each organization and by the National Research Ethics Committee. All participants signed an Informed Consent Form (Aquino et al., 2012).

For the cross-sectional analyses, 3115 participants linked to the teaching and research institutions from Belo Horizonte were eligible. Of these, individuals not living in the city of Belo Horizonte (N = 572) were excluded. Because longer time of exposure to greenspace is an implied contributor to any observed effect, individuals who lived for less than 5 years at the address informed in the visit 1 (N = 546) were excluded (Braun et al., 2016; Diez-Roux, 2007; Fong et al., 2018; Yang et al., 2019). Participants excluded by length of residence were predominantly male, younger, more highly educated, with abdominal obesity and residing in areas with a higher neighborhood average household income *per capita* ( $p < 0.05$ ) (Table S1). Therefore, 1997 individuals were included in the cross-sectional analysis, with an additional exclusion due to a lack of information in the analysis of low HDL-c (N = 1) (Fig. 1).

For the longitudinal analysis, participants who, on visit 1, presented obesity (N = 415), abdominal obesity (N = 705), and low HDL-c (N = 474) were also excluded. Different sample sizes were obtained after considering deaths, refusals and missing values for outcomes (Obesity: N = 1493; abdominal obesity: N = 1230; low HDL-c: N = 1417) (Fig. 1). There was no statistically significant difference between the participants present at visit 2 and the others regarding gender, age, level of education, smoking habit, and neighborhood greenness ( $p > 0.05$ ).

The georeferencing of the participants' place of residence was carried out using the geocoding process, with the geographic coordinates obtained from the residential address informed in visit 1.

### 2.2. Neighborhood greenspace

Neighborhood greenness was expressed by NDVI, which measures the greenness in public areas of the neighborhood, defined as a 500-m circular buffer around the participant's residence in visit 1 (Fig. S1). The length of the buffer radius was chosen considering its capacity to best predict results associating NDVI values and health outcomes, as well as because this was a reasonable distance to access urban services and physical resources (Browning and Lee, 2017; Moura et al., 2009).

The NDVI (the ratio of the difference between the near-infrared and visible red radiation to the sum of these two measures) was based on data from the RapidEye satellite of the Ministry of the Environment of

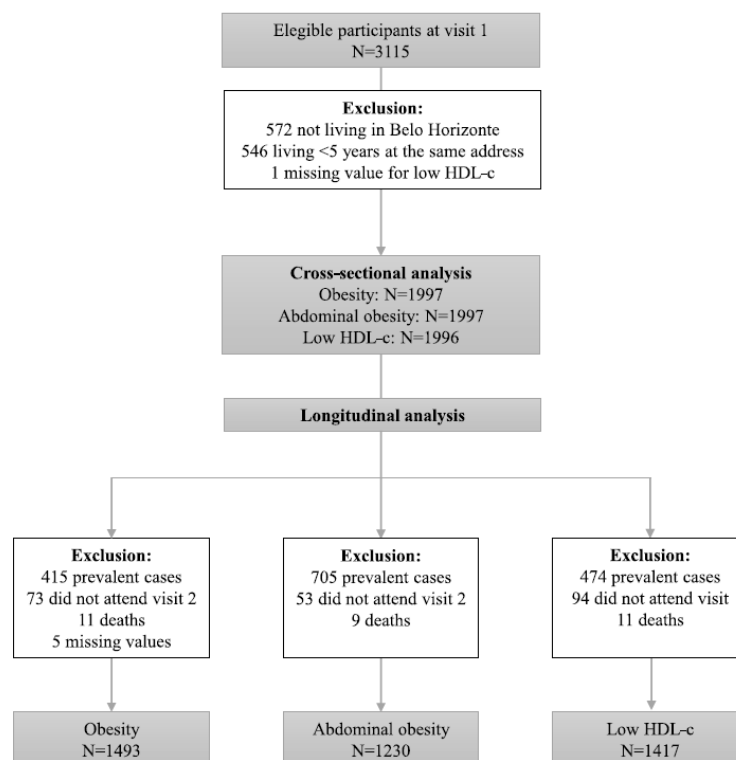


Fig. 1. Flowchart of analytical samples for cross-sectional and longitudinal analyses.

Brazil. The images were orthorectified with a spatial resolution of 5 m (National Institute for Space Research, 2021), that is, one pixel in the digital image represents an area of 25 m<sup>2</sup> on the ground (Jensen, 2007). For the present analysis, images from Belo Horizonte in September 2011 were used, with 0% cloud cover. NDVI values vary between  $-1$  and  $+1$ , where values close to  $-1$  indicate absence of vegetation, whereas values close to  $+1$  express larger size and healthier vegetation and in greater quantity (Rhew et al., 2011; World Health Organization, 2016).

Water-covered areas, such as ponds and dams, were excluded, as were private blocks and lots, and NDVI values accounted only for public areas, such as streets, avenues, squares, and parks. The neighborhood greenness was calculated as the average NDVI of a 500-m circular buffer around the participant's residence in visit 1. Due to the absence of evidence concerning the linearity of the association between NDVI and the outcomes, NDVI values were categorized into quartiles.

To explore the possibility of a differential contribution of each type of neighborhood greenspace (tree cover and herbaceous cover) to health, a sub-analysis was performed, using two additional indicators: percentages of tree cover and herbaceous cover. These two indicators were both obtained from the NDVI values and were grouped into four categories established by the method of natural breaks, which seeks to determine the smallest variance within each category concomitantly with the maximization of variance between the different categories (Maantay and McLafferty, 2011). The herbaceous cover corresponded to the interval  $0.0570 \leq \text{NDVI} < 0.2222$ , while the tree cover corresponded to  $\text{NDVI} \geq 0.2222$  (Rocha et al., 2017). For these categories, each pixel was considered to be an area of 25 m<sup>2</sup> (conversion based on spatial resolution of 5 m). The percentage of tree cover in the neighborhood, that is, 500-m circular buffer around the participant's residence in visit

1, was calculated by dividing the total area of tree cover pixels by the total area of all four categories contained in the buffer. Likewise, the percentage of herbaceous cover was calculated by dividing the area of herbaceous cover pixels by the total area of the four categories contained in the buffer. These percentages of tree cover and herbaceous cover were also expressed in quartiles.

### 2.3. Outcome variables

Three cardiometabolic risk factors were investigated: obesity, abdominal obesity, and low HDL-c.

Weight, height, and waist circumference measurements were taken according to that proposed by Lohman et al. (Lohman et al., 1998; Mill et al., 2013). Weight was measured in kilograms, using an electronic scale with a maximum capacity of 200 kg (Toledo, São Bernardo do Campo, Brazil). Height was measured in centimeters, using a fixed stadiometer (SECA-SE-216, Hamburg, Germany). Waist circumference was measured in centimeters, using an inelastic tape (Cescorf, Porto Alegre, Brazil). Obesity was defined as a body mass index (BMI)  $\geq 30$  kg/m<sup>2</sup>. Abdominal obesity was defined as a waist circumference  $\geq 102$  cm (for men) or  $\geq 88$  cm (for women) (Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, 2001).

HDL-c levels were measured in an ADVIA 1200 S® equipment, using the homogeneous colorimetric method without precipitation (Fedeli et al., 2013). HDL-c was considered low for values  $< 40$  mg/dL for men and  $< 50$  mg/dL for women (Faludi et al., 2017).

Anthropometric measurements and blood collection were performed after a 12-h fast, using standardized protocols.

#### 2.4. Covariables

Based on the literature, individual and contextual sociodemographic characteristics were considered to be potential confounding factors. The individual sociodemographic characteristics measured at visit 1 were: gender (male; female), age (years), and level of education (university degree, complete secondary school, complete elementary school, incomplete elementary school).

The contextual covariables were the terrain slope and the average household income *per capita* of the neighborhood. The slope of the nearest street segment to the participant's residence was calculated in percentage, using a digital elevation model derived from images obtained in 2011 by the Alos Palsar satellite with a spatial resolution of 12.5 m corrected by a high-resolution terrain correction process (NASA's Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center, 2011). The average neighborhood household income *per capita* was obtained from the sum of household income divided by the sum of the population of each census tract in the 2010 Brazilian Demographic Census (Brazilian Institute of Geography and Statistics, 2011), with these measures – income and population – weighted by the percentage of census tracts included in the buffer.

#### 2.5. Statistical analysis

Categorical variables were described as proportion and continuous variables as medians and interquartile range, or as means and standard deviation. Individual and contextual variables were compared using Pearson Qui-Square or Kruskal-Wallis tests according to the quartiles of neighborhood greenness.

Due to the correlation among individuals residing at the same address, generalized estimating equations for logistic regression (GEE) were used, considering the exchangeable correlation structure. In the cross-sectional analyses, the strength of the associations between neighborhood greenness and the outcomes at visit 1 (obesity, abdominal obesity, and low HDL-c) was estimated by the odds ratio (OR) and the respective 95% confidence intervals (95% CI). Longitudinal analyses were conducted considering only individuals at risk for each of the outcomes at baseline. OR and 95% CI express the odds of the occurrence of the incident outcome of interest in nearly 4-year follow-up associated with the exposure to neighborhood greenness during visit 1. The cross-sectional and longitudinal multivariable analyses followed these steps: 1) crude analysis (Model 0); 2) adjustment for sociodemographic variables (gender; age, and level of education) (Model 1); 3) the variable slope was added, but did not remain in the analysis, as it had no impact on the associations; 4) the neighborhood average household income *per capita* was included (Final model). The same analysis was repeated for the percentage of tree cover and herbaceous cover. Finally, interaction terms were added to the final model to test multiplicative interactions between the variables of gender or neighborhood average household income *per capita* and neighborhood greenness in association with the studied outcomes.

Sensitivity analyses were carried out between neighborhood greenness and continuous outcomes (BMI, waist circumference, and HDL-c), using mixed effect linear models to verify more nuanced changes in the outcomes. In addition, analysis was carried out to verify whether the cross-sectional and longitudinal associations observed remained after inclusion in the sample of participants who had lived for less than 5 years at the same address. Ultimately, analyses were carried out to verify whether the associations changed when defining the neighborhood as the 500-m circular buffer around the centroid of the census tract of the participants at visit 1.

The geoprocessing steps were carried out using the ArcGIS software, version 10.7, Projected Coordinate System, Universal Transverse Mercator, UTM Zone 23S, WGS 1984 datum. Statistical analyses were performed using the Stata 14.0 software, adopting the significance level of  $\alpha = 0.05$  for the rejection of the null hypothesis.

### 3. Results

On average, the participants' length of residence at the same address was 21.0 (SD = 13.0) years. The following characteristics predominated in the study population: female gender, median age 53 years (IQR = 13), university degree, non-obese, and adequate HDL-c levels. Older people, higher levels of education, non-obese, and with adequate HDL-c values lived in areas with higher NDVI. Moreover, NDVI was greater in areas with higher average household income *per capita* (Table 1).

The neighborhood showed median values of NDVI of  $-0.0458$  (IQR = 0.035), tree cover of 1.92% (IQR = 2.4), herbaceous cover of 9.31% (IQR = 7.15), median slope of the street segment of 5.44% (IQR = 7.32), and neighborhood average household income *per capita* of US\$848.92 (IQR = 840.08) (Table 2).

In the crude model of the cross-sectional analysis, participants in the fourth quartile of NDVI had reductions by 48% (95% CI = 0.38–0.72), 39% (95% CI = 0.46–0.79), and 35% (95% CI = 0.48–0.86) in the odds of obesity, abdominal obesity, and low HDL-c, respectively, when compared to those in the first quartile (Table S2). After adjusting for individual covariables and neighborhood average household income *per capita*, those in the fourth quartile of NDVI showed a decline of 36% (95% CI = 0.45–0.91), 38% (95% CI = 0.45–0.84), and 25% (95% CI = 0.54–1.04) in the odds of obesity, abdominal obesity, and low HDL-c, respectively. The latter association was of borderline statistical significance ( $p = 0.085$ ) (Table 3).

Cross-sectional analyses also indicated that, after adjusting for all covariables, those in the third and fourth quartile of percentage of tree cover showed a decline of 32% (95% CI = 0.49–0.94) and 49% (95% CI = 0.34–0.75), respectively, in the odds of obesity when compared to those in the first quartile. Similarly, those in the third and fourth quartile of percentage of tree cover showed a decline of 37% (95% CI = 0.47–0.84) and 42% (95% CI = 0.42–0.81), respectively, in the odds of abdominal obesity. The percentage of tree cover was associated with low HDL-c only for those in the third quartile (OR = 0.73; 95% CI = 0.54–0.99). After adjusting for all covariables, participants in the third and fourth quartile of percentage of herbaceous cover showed a decline of 32% (95% CI = 0.51–0.89) and 31% (95% CI = 0.50–0.96), respectively, in the odds of abdominal obesity. There was borderline statistical significance in the association between the fourth quartile of percentage of herbaceous cover and low HDL-c (OR = 0.74; 95% CI = 0.52–1.05;  $p = 0.097$ ) (Table 3).

The participants' mean follow-up time was 3.7 years (1.7–5.4 years) and the cumulative incidences of obesity, abdominal obesity, and low HDL-c were 6.5%, 16.8%, and 9.4%, respectively. In the crude model of the longitudinal analyses, those in the fourth quartile of NDVI showed a decline of 45% (95% CI = 0.32–0.95) in the odds of developing low HDL-c (Table S3). However, this association lost statistical significance after adjustment for individual and contextual covariables (Table 4). No associations between the NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover were found with the other outcomes in the final model ( $p > 0.05$ ) (Table 4).

No interaction between gender or neighborhood average household income *per capita* with NDVI was identified. In the sensitivity analyses considering continuous outcomes, no statistical evidence proved that neighborhood greenness accelerates the linear change in the outcomes over time (Table S4). The analyses considering all individuals, i.e., without restriction to a minimum length of five years of residence, attenuated the cross-sectional associations, with a loss of statistical significance in the association between the percentage of tree cover and low HDL-c and in the association between the fourth quartile of the percentage of herbaceous cover and abdominal obesity (Table S5). Moreover, no differences were found in the results of the cross-sectional and longitudinal analyses using the 500-m circular buffer around the centroid of the participant's census tract, defined as neighborhood.

**Table 1**  
Distribution of characteristics according to quartiles of NDVI in the neighborhood of participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008–2010. N = 1997.

Variables	Total	NDVI				p-value <sup>a</sup>
		Quartile 1 (lower)	Quartile 2	Quartile 3	Quartile 4 (higher)	
<b>Individual variables</b>						
Women (%)	55.9	57.0	58.1	56.1	52.5	0.310
Age (Years), median (IQR)	53 (13)	53 (12)	52 (11)	53 (11)	57 (14)	< 0.001
<b>Level of education (%)</b>						
University degree	63.1	60.2	47.5	64.9	79.8	< 0.001
Complete secondary school	29.2	30.4	43.1	27.9	15.4	
Complete elementary school	3.9	4.2	4.41	4.4	2.6	
Incomplete elementary school	3.8	5.2	5.0	2.8	2.2	
Obesity (%)	20.8	24.8	22.2	21.2	14.8	0.001
Abdominal obesity (%)	35.3	39.6	38.3	34.7	28.7	0.001
Low HDL-c (%) <sup>b</sup>	25.4	29.0	26.5	25.1	21.4	0.032
<b>Contextual variables</b>						
Slope of the nearest street segment (%), median (IQR)	5.4 (7.3)	6.1 (7.7)	4.9 (7.3)	5.6 (7.1)	5.0 (6.6)	0.060
Neighborhood average household income <i>per capita</i> (US\$) <sup>c</sup> , median (IQR)	848.92 (840.08)	745.73 (503.57)	538.18 (501.43)	878.43 (1281.9)	1498.59 (1188.06)	< 0.001

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; IQR: Interquartile Range (P<sub>75</sub>–P<sub>25</sub>); HDL-c: High-Density Lipoprotein cholesterol.

<sup>a</sup> Pearson Qui-Square or Kruskal-Wallis.

<sup>b</sup> N = 1996.

<sup>c</sup> Quote BRL/USD on 06-30-2010: 1.80.

**Table 2**  
Characterization of contextual variables of the neighborhood of participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008–2010. N = 1997.

Contextual variables	Mean (SD)	Minimum	P25	P50	P75	Maximum
NDVI	-0.0397 (0.0365)	-0.1087	-0.0648	-0.0458	-0.0298	0.2050
Tree Cover (%)	3.57 (5.00)	0.08	0.87	1.92	4.27	48.57
Herbaceous Cover (%)	10.65 (5.95)	2.51	6.30	9.31	13.45	47.10
Slope of the nearest street segment (%)	6.76 (5.47)	0.00	2.61	5.44	9.93	42.70
Neighborhood average household income <i>per capita</i> (US\$) <sup>a</sup>	1014.33 (658.47)	158.65	479.98	848.92	1320.06	3835.18

SD: Standard Deviation; P25, P50 and P75 represent the 25th, 50th and 75th percentiles; NDVI: Normalized Difference Vegetation Index.

<sup>a</sup> Quote BRL/USD on 06-30-2010: 1.80.

#### 4. Discussion

This study investigated the cross-sectional and longitudinal associations between neighborhood greenspaces and selected cardiometabolic risk factors in adult participants from a large cohort living in one of the largest Brazilian capitals. In the cross-sectional analysis, only higher neighborhood greenness was associated with lower odds of obesity and abdominal obesity, even after adjustment for individual sociodemographic characteristics and neighborhood socioeconomic status. A borderline cross-sectional association was also found between the higher neighborhood greenness and lower odds of low HDL-c, after individual and contextual adjustments. Results indicate differences regarding the relationship of type of neighborhood greenspace and cardiometabolic risk factors. The analysis considering the tree cover showed results similar to those observed for neighborhood greenness, though showing greater magnitudes in the associations and indication of upward gradient, i.e., the greater the exposure, the greater the potential protection conferred by tree cover. No evidence was found of an interaction between neighborhood greenness and gender or neighborhood average household income *per capita*. Finally, the longitudinal analysis failed to identify any statistically significant association between neighborhood greenspaces and the incidence of obesity, abdominal obesity, or low HDL-c, after considering all the covariables in the analysis.

The results of the present study agree with our hypothesis that a broader neighborhood greenspace was cross-sectionally associated with a lower prevalence of cardiometabolic risk factors. These results are also in accordance with a meta-analysis of one longitudinal and five cross-sectional studies, which found that higher levels of greenness are associated with lower odds of overweight/obesity (Luo et al., 2020).

Likewise, ecological and cross-sectional studies in North America showed associations between greater tree cover and lower BMI or odds of obesity (Lovasi et al., 2012; Tsai et al., 2016, 2019). The present study's results regarding neighborhood greenspace are in line with those from cross-sectional studies conducted in China, North America and England, which also found that an increase in greenspace was related to lower mean waist circumference or lower odds of abdominal obesity (Huang et al., 2020; Lee et al., 2017; Sarkar, 2017), as well with lower odds of low HDL-c or hyperlipidemia (Brown et al., 2016; Fan et al., 2020; Kim et al., 2016; Yang et al., 2019).

Despite not reaching statistical significance, our longitudinal results were, in general, in line with our hypothesis. It is possible that the effects of increased exposure to neighborhood greenspace in the prevention of cardiometabolic risk factors are not visible in short-term follow-up periods, like those in the present study. In Australian adults followed up for 3.5 years, a follow-up period similar to the present study, no association was found between greenness in public spaces and the risk of presenting abdominal obesity and dyslipidemia (Paquet et al., 2014). On the other hand, studies with European adult populations, with similar age groups to those of the present study, but with a greater number of participants and followed for more than 8 years, found that the increase in neighborhood greenness predicted a lower risk of abdominal obesity, a decreased waist circumference, and a lower risk of low HDL-c levels (Keijzer et al., 2019; Persson et al., 2018).

Multiple mechanisms can contribute to the association of neighborhood greenspace with obesity, abdominal obesity, and low HDL-c. Neighborhood greenspace can facilitate or encourage the practice of outdoor physical activity, an association evidenced in a systematic review of longitudinal and experimental studies (Kondo et al., 2018). In

Table 3

Cross-sectional association of NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover in neighborhood with prevalence of obesity, abdominal obesity and low HDL-c among participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008–2010.

Neighborhood greenspace	Obesity N = 1997	Abdominal obesity N = 1997	Low HDL-c N = 1996
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<b>NDVI</b>			
Quartile 1 (lower)	–	–	–
Quartile 2	0.83 (0.62–1.13)	0.94 (0.72–1.23)	0.85 (0.64–1.12)
Quartile 3	0.88 (0.65–1.19)	0.81 (0.62–1.06)	0.86 (0.65–1.15)
Quartile 4 (higher)	0.64 (0.45–0.91)	0.62 (0.45–0.84)	0.75 (0.54–1.04)
<b>Tree cover</b>			
Quartile 1 (lower)	–	–	–
Quartile 2	0.83 (0.62–1.12)	0.87 (0.67–1.13)	1.00 (0.76–1.31)
Quartile 3	0.68 (0.49–0.94)	0.63 (0.47–0.84)	0.73 (0.54–0.99)
Quartile 4 (higher)	0.51 (0.34–0.75)	0.58 (0.42–0.81)	0.89 (0.63–1.26)
<b>Herbaceous cover</b>			
Quartile 1 (lower)	–	–	–
Quartile 2	1.05 (0.78–1.40)	1.00 (0.77–1.30)	0.94 (0.71–1.24)
Quartile 3	0.79 (0.58–1.09)	0.68 (0.51–0.89)	0.89 (0.67–1.19)
Quartile 4 (higher)	0.84 (0.58–1.21)	0.69 (0.50–0.96)	0.74 (0.52–1.05)

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol.

Final models adjusted for gender, age, level of education and neighborhood average household income *per capita*.

addition, the presence of neighborhood greenspace seems to contribute to reducing noise, which would help to prevent sleep disorders or psychological stress, both associated with obesity (Pyko et al., 2017). Finally, neighborhood greenspaces act as structures that promote social interaction, thereby boosting social cohesion in neighborhoods. It seems that greater social cohesion is associated with the adoption of healthy behaviors due to social involvement, social support, and the exchange of information related to health promotion (Jennings and Bamkole, 2019).

The present study's findings suggest a differential contribution of each type of neighborhood greenspace. Tree cover seems more relevant for cardiometabolic health than does herbaceous cover, since the former presented stronger magnitudes of associations with the studied outcomes when compared to the latter, besides the indication of an upward gradient. It is suggested that this occurs because trees provide greater benefits to the health of individuals by serving as adequate structures for the practice of physical activity, providing shade and reducing temperature and air pollution (Bowler et al., 2010; Kumar et al., 2019), especially in tropical countries like Brazil, in addition to being very esthetically pleasing. In fact, cross-sectional studies indicate that higher tree cover, but not grass cover, was associated with greater odds of self-reporting health as very good or excellent (Reid et al., 2017), in addition to being more consistently associated with less overweight individuals in two North American cities (Tsai et al., 2019).

The present study's findings do not support our hypothesis about the variation in magnitude of associations according to the neighborhood's socioeconomic status. There are longitudinal and cross-sectional studies supporting the hypothesis that greenspaces play a greater role in the prevention of adiposity indicators among individuals residing in neighborhoods with poorer socioeconomic indicators (Huang et al.,

Table 4

Longitudinal association of NDVI and the percentages of tree cover and herbaceous cover in the neighborhood with incidence of obesity, abdominal obesity and low HDL-c among participants living in Belo Horizonte. ELSA-Brasil, 2008–2010 and 2012–2014.

Neighborhood greenspace	Obesity N = 1493	Abdominal obesity N = 1230	Low HDL-c N = 1417
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<b>NDVI</b>			
Quartile 1 (lower)	–	–	–
Quartile 2	1.05 (0.62–1.77)	0.65 (0.42–1.02)	0.73 (0.43–1.22)
Quartile 3	0.72 (0.38–1.35)	0.88 (0.57–1.36)	0.94 (0.56–1.59)
Quartile 4 (higher)	0.91 (0.47–1.78)	0.82 (0.51–1.32)	0.70 (0.38–1.29)
<b>Tree cover</b>			
Quartile 1 (lower)	–	–	–
Quartile 2	0.94 (0.57–1.56)	1.04 (0.68–1.59)	1.18 (0.70–1.99)
Quartile 3	0.56 (0.29–1.08)	0.68 (0.42–1.11)	1.49 (0.86–2.57)
Quartile 4 (higher)	0.53 (0.24–1.13)	0.69 (0.41–1.17)	0.92 (0.47–1.78)
<b>Herbaceous cover</b>			
Quartile 1 (lower)	–	–	–
Quartile 2	0.70 (0.41–1.21)	0.88 (0.57–1.36)	1.03 (0.62–1.70)
Quartile 3	0.59 (0.32–1.10)	0.81 (0.51–1.29)	0.94 (0.55–1.61)
Quartile 4 (higher)	1.11 (0.58–2.13)	1.14 (0.69–1.88)	0.77 (0.40–1.47)

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index; HDL-c: High Density Lipoprotein cholesterol.

Final models adjusted for gender, age, level of education and neighborhood average household income *per capita*.

2020; Markevych et al., 2017; Persson et al., 2018; Sarkar, 2017). This phenomenon has been called the 'equigenesis hypothesis', which suggests that features of the social, physical, or service environment could act to promote health equality (Mitchell, 2013). It is possible that individuals residing in areas of greater purchasing power depend less on their neighborhood environment to perform physical activities or to have a healthier way of life. On the contrary, greenspace is often the only space available for leisure and physical activity in poorer neighborhoods, thus significantly improving the quality of life of individuals living in these areas (Ganzleben and Kazmierczak, 2020; Markevych et al., 2017). In this study, the exclusion of neighborhood greenness from particular areas most likely contributed to the absence of interaction between neighborhood socioeconomic status and neighborhood greenness in the associations with the studied outcomes. Individuals residing in more affluent areas may also live in houses or buildings with more private greenspaces, such as gardens or backyards. Thus, our strategy for analyzing the exposure variable may have mitigated the heterogeneity in relation to neighborhood greenness.

In the present study, the association of neighborhood greenspaces with cardiometabolic risk factors was stronger among individuals who lived for at least 5 years at the same address. The choice of 5 years is arbitrary and may not represent the necessary exposure window. It is possible that this interval may vary according to the contextual characteristics considered, the outcome of interest, and the mechanisms involved in the association (Diez-Roux, 2007). Studies on neighborhood greenspaces and health have considered a minimum length of residence ranging from one to ten years (O'Callaghan-Gordo et al., 2020; Ulmer et al., 2016; Yang et al., 2019). Although the average length of residence is quite high in the present study (21 years), we cannot rule out that

some individuals with comorbidities chose to live in greener neighborhoods so as to facilitate the practice of physical activity or a healthier way of life.

Obtaining geographic coordinates from a residential address (geocoding) has a logistic and financial advantage, but it may also produce a low accuracy, depending on the date and quality of the address base used for geocoding and the degree of urbanization of the individuals' place of residence (Bonner et al., 2003). Therefore, we conducted additional analyses in which the individuals studied were georeferenced at the centroid of census tracts, identified in the National Register of Addresses for Statistical Purposes of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (2010). No statistically significant differences were observed in the cross-sectional and longitudinal results obtained by the two georeferencing methods (data not shown).

Among the strengths of the present study are the objective and standardized measurement of the outcomes, which contributed to the internal validity of the obtained results, in addition to the very low follow-up losses. Moreover, an objective measurement of neighborhood greenspace was used, reducing the possibility of measurement errors (Diez-Roux, 2007). The use of images with good spatial resolution and the absence of cloud cover ensured a greater validity of our exposure variable. The exclusion of blocks and lots allowed us to evaluate only the neighborhood greenspaces located in public places, which are certainly more important for the health of the general population. Finally, the separate analysis of vegetation components contributed to understanding the role of tree cover and herbaceous cover as regards the relation between neighborhood greenspaces and cardiometabolic health, suggesting that tree cover is more relevant for health when compared with herbaceous cover.

Among the limitations, one should not rule out the possibility of self-selection bias, i.e., that participants with better health behaviors may choose to live in greener areas. However, it is well-known that individuals who live in poorer neighborhoods have less power of choice over where they live, and greenspaces may not be an important decision factor. Second, although the participants excluded due to a short length of residence do differ from those included in this study, especially as regards sociodemographic characteristics and abdominal obesity, they do not differ regarding greenspace exposure in visit 1. Thus, the exclusion only led to a reduction in statistical power. Third, other contextual variables that are important for cardiometabolic health could be spatially correlated to neighborhood greenspace, such as food outlets and physical activity facilities (Shiba et al., 2020). Although contextual information is not available to test such a possibility, our study did evaluate whether or not three individual-level variables on the perceived availability of fruit and vegetable outlets, fast-food, and physical activity facilities (Santos et al., 2013) would impact the associations, but none of these variables changed the magnitude of the estimates obtained in the cross-sectional and longitudinal analyses (data not shown). Fourth, the workplace neighborhood was not evaluated, which may be relevant to cardiometabolic health. However, one cross-sectional study found a similar magnitude of association for a walking environment and obesity in both residential and work environments, and one should not disregard that this would also apply to our sample (Moore et al., 2013). Fifth, the use of images taken at the end of winter, the driest period in the region, may have underestimated the neighborhood's greenspaces, but if this occurred, the effect was the same for the entire city. Finally, the satellite images refer to the year 2011, and do not reflect the exposure to neighborhood greenspaces for the entire length of residence of the participants. Furthermore, one study estimated a mean decrease of 1.9% per year in city greenspaces between 1986 and 2010 (Rodrigues et al., 2013). Thus, it is possible that there was a small decrease in the exposure to neighborhood greenspaces before ELSA-Brasil visit 1, but it is impossible to know if this decrease affected all participants equally.

Despite these limitations, the present study supports the hypothesis that living close to public areas with greater vegetation coverage may

contribute to the prevention of cardiometabolic risk factors. In tropical, low-income, and middle-income countries, it is possible that interventions to protect, improve, and increase the availability of greenspaces in urban areas are even more important for health, as the presence (and quality) of urban infrastructures are scarce and unequally distributed, favoring those who are already better off economically (Adams et al., 2014; Rigolon et al., 2018).

## 5. Conclusion

Cross-sectional results suggested that the increase in neighborhood greenspaces is associated with a better cardiometabolic risk profile, with lower odds of obesity, abdominal obesity, and low HDL-c. However, these results were not confirmed in the longitudinal analysis in the short follow-up period studied herein. Therefore, our results partially support the evidence that intersectoral urban interventions to expand public greenspaces may help to improve cardiometabolic health and reduce socio-environmental inequalities in health.

## Funding

This work was supported by the Brazilian Ministry of Health (Department of Science and Technology); and the Brazilian Ministry of Science, Technology and Innovation (Financiadora de Estudos e Projetos, FINEP; and National Council for Scientific and Technological Development, CNPq), [grant numbers. 01 06 0010.00 RS, 01 06 0212.00 BA, 01 06 0300.00 ES, 01 06 0278.00 MG, 01 06 0115.00 SP and 01 06 0071.00 RJ]. This study was financed in part by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) [Finance Code 001]. LG, SMB are CNPq research fellow.

## Authors' contributions

LFFA contributed with the conception and design, data acquisition, data analysis, interpretation of data, and drafting the manuscript. LG and SMB contributed with the conception and design, data acquisition, data analysis, drafting the manuscript, and approval of the final version of the manuscript. RCFS and LOC contributed with data acquisition, intellectual content during manuscript drafting, reviewed and commented on the data analysis, and approval of the version to be published.

## Declaration of competing interest

None.

## Acknowledgments

The authors thank the staff and participants of the ELSA-Brasil study for their important contributions.

## Appendix A. Supplementary data

Supplementary data to this article can be found online at <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2021.102699>.

## References

- Adams, M.A., Frank, L.D., Schipperijn, J., Smith, G., Chapman, J., Christiansen, L.B., Coffee, N., Salvo, D., du Toit, L., Dygrín, J., Hino, A.A., Lai, P., Mavoa, S., Pinzón, J., Van de Weghe, N., Cerin, E., Davey, R., Macfarlane, D., Owen, N., Sallis, J.F., 2014. International variation in neighborhood walkability, transit, and recreation environments using geographic information systems: the IPEN adult study. *Int. J. Health Geogr.* 13, 43. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-13-43>.
- Aquino, E.M.L., Barreto, S.M., Bensenor, I.M., Carvalho, M.S., Chor, D., Duncan, B.B., Lotufo, P.A., Mill, J.G., Molina, M.D.C., Mota, E.L.A., Passos, V.M.A., Schmidt, M.I., Szklo, M., 2012. Brazilian Longitudinal Study of Adult Health (ELSA-Brasil): objectives and design. *Am. J. Epidemiol.* 175 (4), 315–324. <https://doi.org/10.1093/aje/kwr294>.

- Astell-Burt, T., Feng, X., Mavoa, S., Badland, H.M., Giles-Corti, B., 2014. Do low-income neighbourhoods have the least green space? A cross-sectional study of Australia's most populous cities. *BMC Publ. Health* 14, 292. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-292>.
- Bolte, G., Nanninga, S., Dandolo, L., 2019. Sex/gender differences in the association between residential green space and self-rated health — a sex/gender-focused systematic review. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 16 (23), 4818. <https://doi.org/10.3390/ijerph16234818>.
- Bonner, M.R., Han, D., Nie, J., Rogerson, P., Vena, J.E., Freudenheim, J.L., 2003. Positional accuracy of geocoded addresses in epidemiologic research. *Epidemiology* 14 (4), 408–412. <https://doi.org/10.1097/01.EDE.0000073121.63254.c5>.
- Boone-Heinonen, J., Diez-Roux, A.V., Kiefe, C.I., Lewis, C.E., David, K., Gordon-Larsen, P., 2011. Neighborhood socioeconomic status predictors of physical activity through young to middle adulthood: the CARDIA Study. *Soc. Sci. Med.* 72 (5), 641–649. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.12.013>.
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S., 2010. Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence. *Landscape Urban Plann.* 97 (3), 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>.
- Braun, L.M., Rodríguez, D.A., Evenson, K.R., Hirsch, J.A., Moore, K.A., Diez Roux, A.V., 2016. Walkability and cardiometabolic risk factors: cross-sectional and longitudinal associations from the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Health Place* 39, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.02.006>.
- Brazilian Institute of Geography and Statistics, 2010. National Register of Addresses for Statistical Purposes (CNEFE) [WWW Document]. URL: <https://censo2010.ibge.gov.br/cnefe/>, accessed 1.16.21.
- Brazilian Institute of Geography and Statistics, 2011. Population and Household Characteristics: Results of the Universe – Aggregated by Census Tracts [WWW Document]. URL: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>, accessed 1.16.21.
- Brazilian Institute of Geography and Statistics, 2017. Cities. Belo Horizonte [WWW Document]. URL: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>, accessed 1.16.21.
- Brown, S.C., Lombard, J., Wang, K., Byrne, M.M., Toro, M., Plater-Zyberk, E., Feaster, D. J., Kardys, J., Nardi, M.L., Perez-Gomez, G., Pantin, H.M., Szapocznik, J., 2016. Neighborhood greenness and chronic health conditions in Medicare beneficiaries. *Am. J. Prev. Med.* 51 (1), 78–89. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2016.02.008>.
- Browning, M., Lee, K., 2017. Within what distance does “greenness” best predict physical health? A systematic review of articles with GIS buffer analyses across the lifespan. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 14 (7), 675. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070675>.
- Crouse, D.L., Pinaut, L., Balram, A., Hystad, P., Peters, P.A., Chen, H., van Donkelaar, A., Martin, R.V., Ménard, R., Robichaud, A., Villeneuve, P.J., 2017. Urban greenness and mortality in Canada's largest cities: a national cohort study. *Lancet Planet Health* 1 (7), e289–e297. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30118-3](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30118-3).
- Dennis, M., Cook, P.A., James, P., Wheeler, C.P., Lindley, S.J., 2020. Relationships between health outcomes in older populations and urban green infrastructure size, quality and proximity. *BMC Publ. Health* 20, 626. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08762-x>.
- Diez-Roux, A., 2007. Neighborhoods and health: where are we and where do we go from here? *Rev. Epidemiol. Sante Publique* 55 (1), 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.respe.2006.12.003>.
- Diez-Roux, A.V., Mair, C., 2010. Neighborhoods and health. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1186, 125–145. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05333.x>.
- Dubowitz, T., Heron, M., Bird, C.E., Lurie, N., Finch, B.K., Basurto-Dávila, R., Hale, L., Escarce, J.J., 2008. Neighborhood socioeconomic status and fruit and vegetable intake among whites, blacks, and Mexican Americans in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.* 87 (6), 1883–1891. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.6.1883>.
- Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults, 2001. Executive summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA* 285, 2486–2497. <https://doi.org/10.1001/jama.285.19.2486>.
- Faludi, A.A., Izar, M.C.O., Saraiva, J.F.R., Chacra, A.P.M., Bianco, H.T., Afune Neto, A., Bertolami, A., et al., 2017. Atualização da Diretriz Brasileira de Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose – 2017. *Arq. Bras. Cardiol.* 109 (Suppl 1), 1–76. <https://doi.org/10.5935/abc.20170121>.
- Fan, S., Yang, B.-Y., Xue, Z., Huang, W.-Z., Zhou, Z., Yuan, J., Wang, Y., Zhong, Y., Tang, X., Dong, G., Yang, Z., Zhang, Z., 2020. Associations between residential greenness and blood lipids in Chinese Uyghur adults. *Environ. Int.* 142, 105903. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105903>.
- Fedeli, L.G., Vidigal, P.G., Leite, C.E.M., Castilhos, C.D., Pimentel, R.A., Maniero, V.C., Mill, J.G., Lotufo, P.A., Pereira, A.C., Bensenor, I.M., 2013. Logistics of collection and transportation of biological samples and the organization of the central laboratory in the ELSA-Brasil. *Rev. Saude Publica* 47 (Suppl 2), 63–71. <https://doi.org/10.1590/s0034-8910.2013047003807>.
- Fong, K.C., Hart, J.E., James, P., 2018. A review of epidemiologic studies on greenness and health: updated literature through 2017. *Curr Environ Health Rep* 5 (1), 77–87. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0179-y>.
- Ganzleben, C., Kazmierczak, A., 2020. Leaving no one behind - understanding environmental inequality in Europe. *Environ. Health (Lond.)* 19, 57. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00600-2>.
- Huang, W.-Z., Yang, B.-Y., Yu, H.-Y., Bloom, M.S., Markevych, I., Heinrich, J., Knibbs, L. D., Leskinen, A., Dharmage, S.C., Jalaludin, B., Morawska, L., Jalava, P., Guo, Y., Lin, S., Zhou, Y., Liu, R.-Q., Feng, D., Hu, L.-W., Zeng, X.-W., Hu, Q., Yu, Y., Dong, G.-H., 2020. Association between community greenness and obesity in urban-dwelling Chinese adults. *Sci. Total Environ.* 702, 135040. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135040>.
- Jennings, V., Bamkole, O., 2019. The relationship between social cohesion and urban green space: an avenue for health promotion. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 16 (3), 452. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030452>.
- Jensen, J.R., 2007. Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective, second ed. Pearson, Harlow.
- Jia, X., Yu, Y., Xia, W., Masri, S., Sami, M., Hu, Z., Yu, Z., Wu, J., 2018. Cardiovascular diseases in middle aged and older adults in China: the joint effects and mediation of different types of physical exercise and neighborhood greenness and walkability. *Environ. Res.* 167, 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.07.003>.
- Keijzer, C. de, Basagaña, X., Tonne, C., Valentín, A., Alonso, J., Antó, J.M., Nieuwenhuijsen, M.J., Kivimäki, M., Singh-Manoux, A., Sunyer, J., Dadvand, P., 2019. Long-term exposure to greenspace and metabolic syndrome: a Whitehall II study. *Environ. Pollut.* 255 (Pt 2), 113231. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113231>.
- Kim, H.-J., Min, J.-Y., Kim, H.-J., Min, K.-B., 2016. Parks and green areas are associated with decreased risk for hyperlipidemia. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 13 (12), 1205. <https://doi.org/10.3390/ijerph13121205>.
- Kondo, M.C., Fluehr, J.M., McKeon, T., Branas, C.C., 2018. Urban green space and its impact on human health. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 15 (3), 445. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030445>.
- Kumar, P., Druckman, A., Gallagher, J., Gatersleben, B., Allison, S., Eisenman, T.S., Hoang, U., Hama, S., Tiwari, A., Sharma, A., Abhijith, K.V., Adlakh, D., McNabola, A., Astell-Burt, T., Feng, X., Skeldon, A.C., Luisignan, S. de, Morawska, L., 2019. The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environ. Int.* 133 (Pt A), 105181. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105181>.
- Lee, J.J., Hwang, S.J., Mutalik, K., Corey, D., Joyce, R., Block, J.P., Fox, C.S., Powell-Wiley, T.M., 2017. Association of built environment characteristics with adiposity and glycaemic measures. *Obes. Sci. Pract.* 3 (3), 333–341. <https://doi.org/10.1002/osp4.115>.
- Lohman, T.G., Roche, A.F., Martorell, R., 1998. Anthropometric Standardization Reference Manual. Human Kinetics, Champaign.
- Lovasi, G.S., Bader, M.D.M., Quinn, J., Neckerman, K., Weiss, C., Rundle, A., 2012. Body mass index, safety hazards, and neighborhood attractiveness. *Am. J. Prev. Med.* 43 (4), 378–384. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.06.018>.
- Luo, Y.-N., Huang, W.-Z., Liu, X.-X., Markevych, I., Bloom, M.S., Zhao, T., Heinrich, J., Yang, B.-Y., Dong, G.-H., 2020. Greenspace with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of epidemiological studies up to 2020. *Obes. Rev.* 21 (11), e13078. <https://doi.org/10.1111/obr.13078>.
- Maantay, J.A., McLafferty, S., 2011. Geospatial Analysis of Environmental Health. Springer, New York.
- MacBride-Stewart, S., Gong, Y., Antell, J., 2016. Exploring the interconnections between gender, health and nature. *Publ. Health* 141, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2016.09.020>.
- Markevych, I., Schoierer, J., Hartig, T., Chudnovsky, A., Hystad, P., Dzhambov, A.M., de Vries, S., Triguero-Mas, M., Brauer, M., Nieuwenhuijsen, M.J., Lupp, G., Richardson, E.A., Astell-Burt, T., Dimitrova, D., Feng, X., Sadeh, M., Standl, M., Heinrich, J., Fuertes, E., 2017. Exploring pathways linking greenspace to health: theoretical and methodological guidance. *Environ. Res.* 158, 301–317. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.023>.
- Milá, C., Ranzani, O., Sanchez, M., Ambrós, A., Bhogadi, S., Kinra, S., Kogevinas, M., Dadvand, P., Tonne, C., 2020. Land-use change and cardiometabolic risk factors in an urbanizing area of South India: a population-based cohort study. *Environ. Health Perspect.* 128 (4), 47003. <https://doi.org/10.1289/EHP5445>.
- Mill, J.G., Pinto, K., Griep, R.H., Goulart, A., Foppa, M., Lotufo, P.A., Maestri, M.K., Ribeiro, A.L., Andreão, R.V., Dantas, E.M., Oliveira, L., Fuchs, S.C., Cunha, R. de S., Bensenor, I.M., 2013. Medical assessments and measurements in ELSA-Brasil. *Rev. Saude Publica* 47 (Suppl 2), 54–62. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047003851>.
- Mitchell, R., 2013. What is Equigenesis and how might it help narrow health inequalities? [WWW Document]. URL: <https://cresh.org.uk/2013/11/08/wh-what-is-equigenesis-and-how-might-it-help-narrow-health-inequalities/#comments>, accessed 5.24.21.
- Mitchell, R., Popham, F., 2008. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *Lancet* 372 (9650), 1655–1660. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)61689-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)61689-X).
- Moore, K., Diez Roux, A.V., Auchincloss, A., Evenson, K.R., Kaufman, J., Mujahid, M., Williams, K., 2013. Home and work neighbourhood environments in relation to body mass index: the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis (MESA). *J. Epidemiol. Community Health* 67 (10), 846–853. <https://doi.org/10.1136/jech-2013-202682>.
- Moura, A.C.M., Freire, G.J.M., Oliveira, R.H., Santana, S.A., Pereira, M.F., Soares, A.M. E., Voll, V.L., 2009. Geoprocessing applied to policies decision support to the Vila Viva Program in Belo Horizonte-MG, Brasil: intervention in precarious settlements. *Rev. Bras. Cartogr.* 61 (2), 177–188.
- NASA's Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center, 2011. Alos Palsar [WWW Document]. URL: [https://search.asf.alaska.edu/#/?datas=et=ALOS&zoom=7.297445380270126&center=-43.631171,-20.956665&polygon=POLYGON\(\(-44.391-20.2999,-43.5775-20.2999,-43.5775-19.5435,-44.391-19.5435,-44.391-20.2999\)\)&end=2011-04-21T2:35:00Z&start=2011-01-01T00:00:00Z](https://search.asf.alaska.edu/#/?datas=et=ALOS&zoom=7.297445380270126&center=-43.631171,-20.956665&polygon=POLYGON((-44.391-20.2999,-43.5775-20.2999,-43.5775-19.5435,-44.391-19.5435,-44.391-20.2999))&end=2011-04-21T2:35:00Z&start=2011-01-01T00:00:00Z) (accessed 1.16.21).
- National Institute for Space Research, 2021. RapidEye [WWW Document]. URL: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/rapideye>, accessed 1.16.21.
- O'Callaghan-Gordo, C., Espinosa, A., Valentín, A., Tonne, C., Pérez-Gómez, B., Castañón-Vinyals, G., Dierszen-Sotos, T., Moreno-Iribas, C., Sanjose, S., de Fernandez-Tardón, G., Vanaeloch-Espí, M., Chirague, M.D., Cirach, M., Aragonés, N., Gómez-Acebo, I., Ardanaz, E., Moreno, V., Pollán, M., Bustamante, M., Nieuwenhuijsen, M.

- J., Kogevinas, M., 2020. Green spaces, excess weight and obesity in Spain. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 223 (1), 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.10.007>.
- Paquet, C., Coffee, N.T., Haren, M.T., Howard, N.J., Adams, R.J., Taylor, A.W., Daniel, M., 2014. Food environment, walkability, and public open spaces are associated with incident development of cardio-metabolic risk factors in a biomedical cohort. *Health Place* 28, 173–176. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.05.001>.
- Persson, Å., Pyko, A., Lind, T., Bellander, T., Östenson, C.G., Pershagen, G., Eriksson, C., Löhmus, M., 2018. Urban residential greenness and adiposity: a cohort study in Stockholm County. *Environ. Int.* 121 (Pt 1), 832–841. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.009>.
- Pyko, A., Eriksson, C., Lind, T., Mitkovskaya, N., Wallas, A., Ögren, M., Östenson, C.G., Pershagen, G., 2017. Long-term exposure to transportation noise in relation to development of obesity—a cohort study. *Environ. Health Perspect.* 125 (11), 117005. <https://doi.org/10.1289/EHP1910>.
- Reid, C.E., Clougherty, J.E., Shmool, J.L.C., Kubzansky, L.D., 2017. Is all urban green space the same? A comparison of the health benefits of trees and grass in New York city. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 14 (11), 1411. <https://doi.org/10.3390/ijerph14111411>.
- Rhew, I.C., Stoep, A., Vander, Kearney, A., Smith, N.L., Dunbar, M.D., 2011. Validation of the normalized difference vegetation index as a measure of neighborhood greenness. *Ann. Epidemiol.* 21 (12), 946–952. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2011.09.001>.
- Rigolon, A., Browning, M.H., Lee, K., Shin, S., 2018. Access to urban green space in cities of the global south: a systematic literature review. *Urban Sci* 2 (3), 67. <https://doi.org/10.3390/urbansci2030067>.
- Rocha, N.A., Sena, I.S., Casagrande, P.B., Castro, M.M., Fonseca, B.M., Moura, A.C.M., 2017. Studies of volumetric relation between vegetation and buildings using LiDAR data and NDVI to propose urban parameters. *Rev. Bras. Cartogr.* 69 (3), 1456–1475.
- Rodrigues, R. de A., Delgado, R.C., Santos, R.S.dos, Faria, A.L.L.de, 2013. Evolução espaço-temporal de áreas densamente verdes em Belo Horizonte, MG utilizando técnicas de sensoriamento remoto. *Rev. Geogr.* 30 (2), 139–152.
- Santos, S.M., Griep, R.H., Cardoso, L.O., Alves, M.G.M., Fonseca, M. de J.M., Giatti, L., Chor, D., 2013. Cross-cultural adaptation and reliability of measurements on self-reported neighborhood characteristics in ELSA-Brasil. *Rev. Saude Publica* 47 (Suppl 2), 122–130. <https://doi.org/10.1590/s0034-8910.2013047003871>.
- Sarkar, C., 2017. Residential greenness and adiposity: findings from the UK Biobank. *Environ. Int.* 106, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.05.016>.
- Shiba, K., Hanazato, M., Aida, J., Kondo, K., Arcaya, M., James, P., Kawachi, I., 2020. Cardiometabolic profiles and change in neighborhood food and built environment among older adults: a natural experiment. *Epidemiology* 31 (6), 758–767. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000001243>.
- Taylor, L., Hochuli, D.F., 2017. Defining greenspace: multiple uses across multiple disciplines. *Landsc. Urban Plann.* 158, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.024>.
- Tsai, W.L., Davis, A.J.S., Jackson, L.E., 2019. Associations between types of greenery along neighborhood roads and weight status in different climates. *Urban For. Urban Green.* 41, 104–117. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.03.011>.
- Tsai, W.-L., Floyd, M.F., Leung, Y.-F., McHale, M.R., Reich, B.J., 2016. Urban vegetative cover fragmentation in the U.S.: associations with physical activity and BMI. *Am. J. Prev. Med.* 50 (4), 509–517. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.09.022>.
- Twhig-Bennett, C., Jones, A., 2018. The health benefits of the great outdoors: a systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes. *Environ. Res.* 166, 628–637. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.030>.
- Ulmer, J.M., Wolf, K.L., Backman, D.R., Trethewey, R.L., Blain, C.J., O'Neil-Dunne, J.P., Frank, L.D., 2016. Multiple health benefits of urban tree canopy: the mounting evidence for a green prescription. *Health Place* 42, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2016.08.011>.
- United Nations Development Programme, 2010. Atlas of Human Development in Brazil [WWW Document]. URL: <http://www.atlasbrasil.org.br/consulta>. accessed 1.16.21.
- United Nations Development Programme, 2021. Human Development Index (HDI) [WWW Document]. URL: <http://hdr.undp.org/en/content/human-development-index-hdi>. accessed 5.06.21.
- World Health Organization, 2016. WHO Regional Office for Europe. Urban green spaces and health, Copenhagen.
- World Health Organization, 2018. Noncommunicable diseases [WWW Document]. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>. accessed 1.16.21.
- Wu, Z.-J., Song, Y., Wang, H.-L., Zhang, F., Li, F.-H., Wang, Z.-Y., 2019. Influence of the built environment of Nanjing's Urban Community on the leisure physical activity of the elderly: an empirical study. *BMC Publ. Health* 19 (1), 1459. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7643-y>.
- Yang, B.-Y., Markevych, I., Heinrich, J., Bloom, M.S., Qian, Z., Geiger, S.D., Vaughn, M., Liu, S., Guo, Y., Dharmage, S.C., Jalaludin, B., Knibbs, L.D., Chen, D., Jalava, P., Lin, S., Hung-Lam Yim, S., Liu, K.K., Zeng, X.-W., Hu, L.-W., Dong, G.-H., 2019. Residential greenness and blood lipids in urban-dwelling adults: the 33 Communities Chinese Health Study. *Environ. Pollut.* 250, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.128>.

**ANEXOS****ANEXO A – Aprovação da primeira etapa de obtenção de dados do ELSA-Brasil pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG - COEP

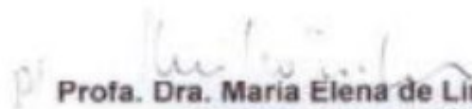
**Parecer nº. ETIC 186/06**

**Interesse: Prof. (a) Sandhi Maria Barreto  
Depto. De Medicina Preventiva e Social  
Faculdade de Medicina -UFMG**

**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP, aprovou no dia 28 de junho de 2006 o projeto de pesquisa intitulado “**ELSA - Estudo longitudinal da saúde do adulto.**” bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do referido projeto.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

  
**Profa. Dra. Maria Elena de Lima Perez Garcia  
Presidente do COEP/UFMG**

**ANEXO B – Aprovação da inclusão de exames na segunda etapa do ELSA-Brasil pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE 0186.1.203.000-06

Interessado(a): Profa. Sandhi Maria Barreto  
Depto. de Medicina Preventiva e Social  
Faculdade de Medicina -UFMG

**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP analisou e aprovou, no dia 03 de setembro de 2012, a inclusão de exames, abaixo relacionados, na 2ª. etapa de obtenção dos dados (Onda 2) do projeto de pesquisa intitulado “**ELSA - Estudo Longitudinal da Saúde do Adulto**”:

- Avaliação da força isométrica nas mãos (*handgrip*);
- Teste de força isométrica das pernas (assentar/levantar repetido);
- Teste de sensibilidade com monofilamento;
- Medida de altura abdominal (diâmetro sagital abdominal);
- Avaliação radiológica das mãos e joelhos;
- Circunferência da cabeça;
- Altura do joelho.
- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

A aprovação é válida por 1(um) ano (03 de setembro de 2012 a 02 de setembro de 2013).

  
Prof. Maria Teresa Maques Amaral  
Coordenadora do COEP/UFMG

## ANEXO C – Ata do exame de qualificação

19/10/2020

SEI/UFMG - 0261604 - Ata do Exame de Qualificação



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE PÚBLICA

### ATA DO EXAME DE QUALIFICAÇÃO

LUCIENE FÁTIMA FERNANDES ALMEIDA  
ORIENTADORA: LUANA GIATTI GONÇALVES

A Banca Examinadora do Exame de Qualificação da doutoranda **LUCIENE FÁTIMA FERNANDES ALMEIDA**, número de registro 2018658608, composta pelos professores: Prof(a). Luana Giatti Gonçalves - Orientadora (UFMG), Prof(a). Sandhi Maria Barreto - Coorientadora (UFMG), Prof(a). Nelson da Cruz Gouveia (Faculdade de Medicina-USP), Prof(a). Eduardo Faerstein (UERJ) e Prof(a). Ana Clara Mourão Moura (UFMG), reuniu-se no dia **02 de outubro de 2020**, às **14:00 horas**, com transmissão eletrônica de videoconferência através da Plataforma Lifesize.

Após a apresentação oral da candidata para os membros da Banca Examinadora foram formuladas questões relativas ao projeto de Qualificação intitulado: *ÁREAS VERDES E DOENÇAS CARDIOMETABÓLICAS: ESTUDO LONGITUDINAL DE SAÚDE DO ADULTO (ELSA-BRASIL)*, considerando a candidata **aprovada** no exame de qualificação.

**Belo Horizonte, 02 de outubro de 2020.**

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Nelson da Cruz Gouveia**, **Usuário Externo**, em 05/10/2020, às 16:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Clara Mourão Moura**, **Professora do Magistério Superior**, em 05/10/2020, às 18:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Faerstein**, **Usuário Externo**, em 06/10/2020, às 16:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luana Giatti Gonçalves**, **Professora do Magistério Superior**, em 19/10/2020, às 15:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sandhi Maria Barreto**, **Professora do Magistério Superior**, em 19/10/2020, às 15:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0261604** e o código CRC **23CBFCB8**.