

ÁREAS VERDES E STATUS DE VITAMINA D: ANÁLISE COM MULHERES RESIDENTES DE UMA CIDADE MÉDIA E DE CLIMA TROPICAL

KEILA VALENTE DE SOUZA DE SANTANA¹ 

SOFIA LIZARRALDE OLIVER² 

THAIS MAUAD³ 

MARIA APARECIDA DE OLIVEIRA⁴ 

TIANA CARLA LOPES MOREIRA³ 

SUSAN LANHAM-NEW⁵ 

HELENA RIBEIRO³ 

RESUMO – A deficiência de vitamina D é um problema de saúde global e as abordagens que consideram as Soluções baseadas na Natureza (NbS) podem trazer novas perspectivas de solução. Cerca de 80% da quantidade de vitamina D que o corpo precisa é produzida endogenamente por meio da exposição da pele à radiação ultravioleta B (UVB) da luz solar. A exposição média à UVB em áreas urbanas dependerá em parte do clima local e da quantidade de cobertura e tipos de árvores. Este estudo discute a associação entre áreas verdes e níveis de vitamina D. Foi analisada uma amostra de 101 mulheres com 35 anos ou mais de idade, moradoras da cidade de Araraquara, Brasil. O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foi calculado como indicador de exposição às áreas verdes, sendo definido como a vegetação circundante residencial. Foi utilizado o modelo de regressão logística para analisar a associação entre o índice de vegetação residencial e o *status*

Recebido: 28/10/2022. Aceite: 22/12/2022. Publicado: 30/12/2022.

¹ Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Av. Dr. Arnaldo, 715, 01246-904 – Cerqueira César, São Paulo, Brasil. E-mail: keilla@usp.br

² Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: sofia.lizarralde@gmail.com; lena@usp.br

³ Departamento de Patologia, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. E-mail: tmauad@usp.br; tianacarla@usp.br

⁴ Laboratório de Epidemiologia Nutricional, Universidade Federal de São Paulo, Brasil. E-mail: maria.de.oliveirabr@gmail.com

⁵ Departamento de Ciências da Nutrição, Faculdade de Saúde e Ciências Médicas, Brasil. E-mail: s.lanham-new@surrey.ac.uk



Published under the terms and conditions of an Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International license.

(níveis) de vitamina D. Observou-se uma associação positiva estatisticamente significativa entre a exposição ao índice de vegetação circundante residencial abaixo da mediana e a prevalência de níveis insuficientes de 25(OH)D ($P=0,03$). O estudo mostra que níveis mais baixos de verde residencial estão associados à maior prevalência de insuficiência de vitamina D. Desta forma, as abordagens NbS contribuem para melhor compreensão dos ambientes adequados para o alcance de bons níveis de vitamina D, evitando a necessidade de suplementação farmacêutica do nutriente.

Palavras-chave: Vitamina D; radiação ultravioleta; áreas verdes; NDVI; Soluções baseadas na Natureza (NbS).

ABSTRACT – GREEN AREAS AND VITAMIN D STATUS: ANALYSIS WITH WOMEN LIVING IN A MEDIUM-SIZED CITY WITH A TROPICAL CLIMATE. Vitamin D deficiency is a global health problem and approaches that consider Nature-Based Solutions (NbS) can bring new perspectives of solution. About 80% of the amount of vitamin D that the body needs is produced endogenously through exposure of the skin to ultraviolet B (UVB) radiation from sunlight. The average UVB exposure in urban areas will depend in part on the local climate and the amount of cover and types of trees. The study analyzed the association between green areas and vitamin D levels. A sample of 101 women aged 35 years and over, living in the city of Araraquara, Brazil, was analyzed. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated as an indicator of exposure to green areas, being defined as the surrounding residential vegetation. A logistic regression model was used to analyze the association between residential vegetation index and vitamin D status. A statistically significant positive association was observed between exposure to below-median residential surrounding vegetation index and prevalence of insufficient levels of 25(OH)D ($P=0,03$). The study shows that lower levels of residential green are associated with a higher prevalence of vitamin D insufficiency. NbS approaches contribute to a better understanding of suitable environments for achieving good levels of vitamin D, avoiding the need for pharmaceutical supplementation of the nutrient.

Keywords: Vitamin D; ultraviolet radiation; green areas; NDVI; Nature-based Solutions (NbS).

RÉSUMÉ – ESPACES VERTS ET STATUT EN VITAMINE D: ANALYSE AVEC DES FEMMES VIVANT DANS UNE VILLE MOYENNE AU CLIMAT TROPICAL. La carence en vitamine D est un problème de santé mondial et les approches qui considèrent les solutions basées sur la nature (NbS) peuvent apporter de nouvelles perspectives de solution. Environ 80% de la quantité de vitamine D dont le corps a besoin est produite de manière endogène par l'exposition de la peau aux rayons ultraviolets B (UVB) du soleil. L'exposition moyenne aux UVB dans les zones urbaines dépendra en partie du climat local et de la quantité de couverture et des types d'arbres. L'étude a analysé l'association entre les espaces verts et les niveaux de vitamine D. Un échantillon de 101 femmes, âgées de 35 ans et plus, vivant dans la ville d'Araraquara, au Brésil, a été analysé. L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) a été calculé comme un indicateur d'exposition aux espaces verts, définis comme la végétation résidentielle environnante. Un modèle de régression logistique a été utilisé pour analyser l'association entre l'indice de végétation résidentielle et le statut en vitamine D. Une association positive statistiquement significative a été observée entre l'exposition à un indice de végétation environnante résidentiel inférieur à la médiane et la

prévalence de niveaux insuffisants de vitamine D 25(HO)D ($P=0,03$). L'étude montre que des niveaux inférieurs de vert résidentiel sont associés à une prévalence plus élevée d'insuffisance en vitamine D. Les approches NbS contribuent à une meilleure compréhension des environnements appropriés pour atteindre de bons niveaux de vitamine D, évitant ainsi le besoin d'une supplémentation pharmaceutique du nutriment.

Mots clés: Vitamine D; rayonnement ultraviolet; espaces verts; NDVI; Solutions basées sur la nature (NbS).

RESUMEN – ÁREAS VERDES Y ESTADO DE VITAMINA D: ANÁLISIS CON MUJERES QUE VIVEN EN UNA CIUDAD DE TAMAÑO MEDIO CON CLIMA TROPICAL. La deficiencia de vitamina D es un problema de salud mundial y los enfoques que consideran las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) pueden traer nuevas perspectivas de solución. Alrededor del 80% de la cantidad de vitamina D que el cuerpo necesita se produce de forma endógena a través de la exposición de la piel a la radiación ultravioleta B (UVB) de la luz solar. La exposición promedio a los rayos UVB en áreas urbanas dependerá en parte del clima local y la cantidad de cobertura y tipos de árboles. El estudio analizó la asociación entre las áreas verdes y los niveles de vitamina D. Se analizó una muestra de 101 mujeres, de 35 años o más, residentes en la ciudad de Araraquara, Brasil. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se calculó como un indicador de exposición a las áreas verdes, definiéndose como la vegetación residencial circundante. Se utilizó un modelo de regresión logística para analizar la asociación entre el índice de vegetación residencial y los niveles de vitamina D. Se observó una asociación positiva estadísticamente significativa entre la exposición a un índice de vegetación circundante residencial por debajo de la mediana y la prevalencia de niveles insuficientes de vitamina 25(HO)D ($P=0,03$). El estudio muestra que los niveles más bajos de verde residencial están asociados con una mayor prevalencia de insuficiencia de vitamina D. Los enfoques de NbS contribuyen a una mejor comprensión de los entornos adecuados para lograr buenos niveles de vitamina D, evitando la necesidad de suplementos farmacéuticos del nutriente.

Palabras clave: Vitamina D; radiación ultravioleta; áreas verdes; NDVI; soluciones basadas en la naturaleza (NbS).

I. INTRODUÇÃO

O estudo da relação entre saúde humana e saúde do ambiente vem ganhando destaque em anos recentes. Na Rio 92, houve um grande movimento para o delineamento de novos caminhos que levassem em conta a conservação da natureza. Foram assinados e acordados os seguintes documentos, que representavam compromissos das nações signatárias: a Carta da Terra, a Agenda 21 e as Convenções do Clima e da Biodiversidade. A Agenda 21, que visava preparar o mundo para os desafios do próximo século, refletia um consenso global e um compromisso político em níveis mais elevados em uma cooperação entre o meio ambiente e o desenvolvimento. O sexto capítulo da Agenda, parte da Seção 1 – Dimensões Sociais e Econômicas, focava na Proteção e Promoção da Saúde Humana e ressaltava a ligação entre saúde, meio ambiente e desenvolvimento econômico. As seguintes áreas

programáticas estavam contidas no capítulo: a) Atender às necessidades de atenção primária; b) Controle de doenças transmissíveis; c) Proteção a grupos vulneráveis; d) Enfrentamento ao desafio da saúde urbana; e e) Redução dos riscos da poluição ambiental (United Nations [UN], 1992). Era, portanto, uma agenda ainda bastante incipiente, no que diz respeito à saúde pública e à saúde ambiental. Nestes 30 anos que se passaram, houve um despertar dos profissionais de saúde para o estudo mais acurado da relação entre o ambiente e a saúde humana. Houve não só um compromisso com novos temas de pesquisa, mas, também, um refinamento e aprimoramento de técnicas que permitissem estudos mais aprofundados e sob novos ângulos.

Uma das abordagens recentes é a de soluções baseadas na natureza (*Nature-Based Solutions* – NbS), adotadas para minimizar problemas ambientais, mas que têm vantagens, também, para a saúde pública. Elas são consideradas estratégias promissoras para adaptar-se às mudanças climáticas e fortalecer a resiliência da comunidade. As soluções NbS utilizam serviços ecossistêmicos fornecidos pela natureza para proteger e gerenciar, de forma sustentável, ecossistemas naturais ou modificados, proporcionando, simultaneamente, o bem-estar humano e os benefícios da biodiversidade (Cohen-Shacham, 2016).

Dentre os problemas de saúde humana que vêm recebendo novos olhares e abordagens está a insuficiência/deficiência de vitamina D.

Cerca de 80% da quantidade de vitamina D que o corpo precisa é produzida endogenamente por meio da exposição da pele à radiação ultravioleta B (UVB), sendo o restante adquirido por alimentos e suplementos (Holick, 2004). A exposição ao UVB nas cidades depende, em parte, do clima local. A nebulosidade e o adensamento urbano, caracterizado pela grande quantidade de edifícios, causam aumento das áreas sombreadas que atenuam os comprimentos de onda biologicamente significativos para a síntese de vitamina D (Leal *et al.*, 2021; Turnbull *et al.*, 2005). A cobertura de árvores em calçadas também pode interferir neste processo, pois as sombras das árvores permitem a síntese da vitamina D (Heisler *et al.*, 2003, Turnbull *et al.*, 2005).

A produção da vitamina D é afetada por grandes diferenças sazonais na disponibilidade da luz solar, conforme a estação do ano e latitude (Schrempf *et al.*, 2017). Nos países tropicais, localizados nas mais baixas latitudes, a síntese da vitamina é possível durante todo o ano (Leal *et al.*, 2021). Nos países localizados nas latitudes médias, a síntese não é possível nos meses de inverno, mas a vitamina D pode ser armazenada na gordura corporal e mobilizada durante estes meses (Schrempf *et al.*, 2017). A despeito da aparente facilidade em se alcançar bom *status* de vitamina D, o aumento da prevalência da deficiência na população urbana necessita ser analisado com base na abordagem multidisciplinar. Adicionalmente, o sobrepeso, a idade e a cor da pele são variáveis que influenciam no *status* de vitamina D, sendo as mulheres adultas as que apresentam maior sensibilidade à deficiência (Ribeiro *et al.*, 2020).

A análise sobre como tornar o ambiente urbano mais propício para a exposição humana ao UVB é necessária, tanto para proteção contra doenças causadas pela radiação (por exemplo, queimaduras solares e câncer de pele), como para sintetização suficiente de vitamina D por meio de atividades cotidianas. O presente artigo visa responder à questão: A

quantidade de áreas verdes em cidades sob clima tropical contribui para os diferentes *status* de vitamina D entre as mulheres? O objetivo foi analisar a associação entre verde residencial em áreas urbanas e as concentrações séricas de 25 hidroxivitamina D [25(OH)D] em moradoras de uma cidade brasileira do interior de médio porte e de clima tropical.

II. LOCAL DE ESTUDO

Este estudo foi realizado na cidade de Araraquara – São Paulo (Brasil). Com 208 662 habitantes, a cidade possui 77,37km² de área urbana (fig. 1). A média anual das temperaturas máximas é de 26°C, com variação, positiva ou negativa, de 3°C graus ao longo do ano, podendo chegar a 38°C nos dias mais quentes. Durante o ano há pouca nebulosidade, apresentando média de 38mm de precipitação mensal no período seco (abril a setembro) e 182mm de precipitação mensal no semestre chuvoso (outubro a março). O município está localizado na região central do estado de São Paulo, a 21°47'40" de latitude sul e a uma altitude de 664 metros. Sua irradiação global para superfície idealmente inclinada é de 2058kWh/m² por ano (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [INPE], 2019).



Fig. 1 – Localização da América do Sul, Brasil, Estado de São Paulo e Município e setores censitários de Araraquara. Figura a cores disponível online.

Fig. 1 – Location of South America, Brazil, State of São Paulo and Municipality and census tracts of Araraquara. Figura a cores disponível online.

Fonte: Ventura *et al.* (2021)

As primeiras ações visando a organização da ocupação e do crescimento urbano em Araraquara foram identificadas em 1960, com a elaboração do plano diretor (PD) pelo Executivo local (Toledo, 2013). Desde então, foram promulgadas leis complementares que visam promover áreas verdes e arborização da cidade, de forma a preservar e conservar as árvores em locais públicos. Para conservação e implantação de áreas verdes e biodiversidade, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente executa os trabalhos de manutenção e execução dos projetos “Espaço Árvore” e “Floresta Urbana”, além de outros plantios pontuais em canteiros e praças (Araraquara, 2021). A percentagem de arborização das vias públicas de Araraquara era de 97,1%, em 2010, tendo o município ocupado a 551º posição no *ranking* de 5570 municípios do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2010).

Contudo, há consideráveis diferenças nos padrões de arborização da cidade (fig. 2). Somente uma rua na região central da cidade apresentava grande quantidade de árvores com copas robustas o bastante para oferecer uma sombra considerável, tornando o ambiente mais agradável. A maior parte das ruas apresenta árvores esparsas que oferecem pouco sombreamento.



(A)

(B)

Fig. 2 – (A) Exemplo de padrão de arborização urbana na área central de Araraquara; (B) Rua Voluntários da Pátria, a rua mais arborizada de Araraquara. Figura a cores disponível online.

Fig. 2 – (A) Example of the urban afforestation pattern in the central area of Araraquara;

(B) Rua Voluntários da Pátria, the most recognized street with trees in Araraquara.

Colour figure available online.

III. METODOLOGIA

1. População e covariáveis do estudo

Este estudo faz parte do projeto multicêntrico *Healthy Living Healthy Aging*, desenvolvido por três universidades (Universidade de São Paulo, University of Surrey – Inglaterra e University of Wollongong – Austrália), que constituem a *Universities Global Partnership Network* (UGPN). O foco principal foi analisar a prevalência e os fatores de risco para deficiência de vitamina D numa amostra de, no mínimo, 100 mulheres adultas de cada país envolvido, Brasil, Inglaterra e Austrália. No Brasil, foram recrutadas 101 mulheres no ano de 2019. O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, de acordo com a Resolução CNS 196/96 (protocolo número CAAE: 11939219.3.0000.5421, 4 de junho de 2019). Todas as voluntárias deram consentimento informado por escrito.

A análise da relação entre *status* de vitamina D e vegetação circundante residencial foi realizada na população urbana de Araraquara, Brasil. Araraquara foi escolhida como local de estudo por ser uma cidade de médio porte com forte presença de universidades, características também apresentadas nas demais cidades participantes do estudo multicêntrico. Além disso, Araraquara significa “Morada do sol”, devido à abundância de dias ensolarados durante todo o ano. *Banners*, *folders*, televisão e rádios locais foram os principais meios de comunicação utilizados para a divulgação do projeto, além de visitas pessoais a estabelecimentos públicos mais frequentados por mulheres. Para participar no estudo, as mulheres deveriam ter mais de 35 anos de idade e não poderiam estar em terapia para tratamento da osteoporose, câncer, diabetes, doença cardíaca ou hipertensão, ou ainda estar fazendo suplementação de vitamina D. Tais tratamentos são fatores de risco que poderiam afetar o metabolismo da vitamina.

Foram medidas as seguintes covariáveis: nível de radiação ultravioleta (RUV), consumo de vitamina D e cálcio, índice de massa corpórea (IMC), idade, cor da pele, tabagismo, consumo de bebida alcoólica e nível de atividade física. Como um *proxy* do nível socioeconômico, foi utilizada a variável nível de escolaridade das participantes da pesquisa. Também foi avaliado o desfecho da insuficiência de vitamina D na saúde mental das mulheres, sendo considerados os sintomas de depressão. A mensuração das variáveis ocorreu no inverno, em julho de 2019.

O nível de exposição à RUV foi mensurado por meio de um *polysulphone badge and sheet* em unidades de dose padrão de eritema (*Standard Erythema Dose* – SED), sendo um SED equivalente a 100Jm^{-2} de RUV eritemal (queimadura de sol) (Webb *et al.*, 2010). As participantes utilizaram o *polysulphone badge and sheet* durante quatro dias sobre a roupa, na altura do ombro. O instrumento fornecido pela University of Manchester do Reino Unido é capaz de mensurar a RUV eritemal eficaz que, embora não seja idêntica à RUV, é eficaz para a síntese de vitamina D, e fornece um *proxy* adequado para a exposição ao sol para os fins deste estudo (Webb *et al.*, 2010).

O consumo de vitamina D e cálcio foi avaliado por meio de um diário alimentar preenchido durante quatro dias seguidos (incluindo o fim de semana). Para análise dos

dados foi utilizado o *software Nutrition Data System for Research*® (NDSR, Minneapolis, MN, EUA), versão 2014. Foi realizada a análise de consistência dos dados dietéticos para identificar possíveis erros na coleta e processamento de dados e usada como base de dados a tabela norte-americana desenvolvida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América. Para verificar a adequação dos valores nutricionais dos alimentos presentes no programa foram utilizadas as Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos da Universidade de Campinas (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação [NEPA], 2011) e da Universidade de São Paulo (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos [TBCA], 2017). Foram utilizados os alimentos que obtiveram percentuais de concordância entre 80% e 120% dos valores de energia e macronutrientes. Os nutrientes Cálcio e Vitamina D foram corrigidos após a exportação dos dados do NDSR, de acordo com os valores disponíveis nas tabelas nacionais (NEPA, 2011; TBCA, 2017).

Dados de idade, altura, peso, escolaridade, cor da pele, tabagismo e consumo de bebida alcoólica foram obtidos por meio de um questionário autoaplicável. A escolaridade foi apurada em anos e classificada em níveis (ensino fundamental, médio e superior). A cor da pele foi autodeclarada como preta, parda, branca ou outra (asiática ou indígena). O *status* de tabagismo foi auto relatado como já ter fumado, fuma atualmente e nunca fumou. O IMC foi definido como o peso (quilogramas) dividido pela altura (metros) ao quadrado. Dados sobre o consumo de bebida alcoólica foram avaliados como ingestão habitual semanal de bebida alcoólica ou não.

Os níveis de atividade física foram obtidos a partir do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ), já validado no Brasil (Matsudo *et al.*, 2001). A mulher que realiza atividade física intensa é caracterizada como aquela que realiza atividade vigorosa por cinco ou mais dias por semana com duração de 30 ou mais minutos por sessão. A mulher que realiza atividade vigorosa por três ou mais dias por semana e com duração de 20 ou mais minutos por sessão somada com atividade moderada e/ou caminhada por cinco dias na semana, com duração de 30 ou mais minutos por sessão, também é caracterizada como aquela que realiza atividade física intensa.

Para identificar distúrbios psiquiátricos não psicóticos em ambientes de cuidados primários e na comunidade foi utilizado o instrumento de triagem *General Health Questionnaire* (GHQ), versão de 12 itens, concebido para uso em inquéritos populacionais em geral (Goldberg, 1978). O instrumento já foi validado na população brasileira (Mari & Williams, 1985) e, de acordo com os escores de angústia, as mulheres foram classificadas em dois grupos: a) com sintomas de depressão, e b) sem sintomas de depressão. O tipo de angústia mais conhecido e mais prevalente em mulheres é a depressão (Rondó *et al.*, 2013).

2. Avaliação sérica de 25(OH)D

As concentrações séricas de 25(OH)D foram medidas por quimiluminescência. Acredita-se que a 25(OH)D sérica seja o melhor biomarcador do *status* da vitamina D, pois pode refletir fontes de vitamina D tanto da exposição solar quanto da dieta (Zerwekh, 2008). O instrumento de medição foi *Centaur XP*, fabricante Siemens, Cidade e país do fornecedor

foi São Paulo, Brasil, calibrado por ensaio de proficiência Controllab e PNCQ (Programa Nacional de Controle de Qualidade). As medidas do instrumento comparadas com as medidas de espectroscopia de massa foram: ADVIA Centaur VitD = 0,93 (ID-LC/MS/MS) + 2,89ng/ml (7,23nmol/l), $r=0,99$. A concentração sérica de 25(OH)D foi dicotomizada em duas categorias: a) suficiente ($> 50\text{nmol/L}$) e b) deficiente ($<50\text{nmol/L}$).

3. Avaliação da vegetação circundante residencial

Foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) como indicador de exposição às áreas verdes. Foi definido como a vegetação circundante residencial, caracterizada como a quantidade de verdura fotossinteticamente ativa derivada do *Landsat 8* imagens *Thematic Mapper* (TM), com resolução espacial de 30m x 30m (multiespectral) (Dadvand *et al.*, 2014). O NDVI é um indicador de verdura com base na refletância da superfície da terra de partes visíveis (vermelho) e infravermelho próximo de espectro, que varia entre -1 e 1 (Persson *et al.*, 2018). Valores positivos mais altos indicam mais verde. Valores de NDVI de 0,2 a 0,5 são associados a vegetação esparsa e em crescimento. Valores acima de 0,5 indicam dossel superior da vegetação densa e saudável. Os valores negativos de NDVI correspondem principalmente a corpos d'água (O'Callaghan-Gordo *et al.*, 2020). O software de geoprocessamento *QGis* 3.16.7 foi utilizado para realizar as análises.

Foram utilizadas imagens *Landsat TM* sem nuvens disponíveis durante o verão (período máximo de vegetação do ano para a região de estudo) do Sistema de Observação da Terra do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>). Com base nesta pesquisa, foi gerado o NDVI usando a imagem obtida em janeiro de 2019. Na área de estudo não havia grandes corpos d'água, de forma que os valores negativos afetassem as médias finais de verde; assim não foi necessário excluir essas áreas das imagens de satélite NDVI antes da análise dos dados.

Para análise da exposição ao verde residencial das participantes, foram georreferenciados (geocodificados) os endereços das suas moradias de acordo com o código postal, nome da rua e número da casa. Para cada participante, a vegetação circundante residencial foi abstraída como a média de NDVI em *buffers* de 100m, 250m, 500m e 1000m (Dadvand *et al.*, 2014) em torno de seu endereço de residência geocodificado. Através desta análise, foi realizada uma classificação de áreas com índices de vegetação circundante residencial abaixo ou acima da mediana. O valor de NDVI abaixo da mediana foi considerado como baixa exposição à vegetação circundante residencial e o valor acima da mediana foi considerado como alta exposição à vegetação circundante residencial.

4. Análise estatística

Foi usado um modelo de regressão logística para analisar a associação entre o índice de vegetação circundante residencial e o *status* de vitamina D. Foram analisadas como variáveis categóricas:

- Nível de RUV – *Polysulphone badge and sheet* <2 SED ou $>=2$.
- Sobrepeso – IMC > 25 (ou 27 para maiores de 60 anos de idade).

- Depressão – Sem sintomas de depressão (GHQ <3) e com sintomas de depressão (GHQ >=4).
- Nível de atividade física – Mulher que realiza ou não atividade física intensa.
- Faixa etária – Idade >50 anos ou <=50 anos.
- Cor da pele – Branca ou parda/preta.
- Escolaridade – Com ou sem nível superior.
- Fumar – Hábito de fumar atual ou não.
- Beber – Consumo de bebida alcoólica semanalmente ou não.
- Ingestão de vitamina D – Ingestão de vitamina D acima ou abaixo da mediana.
- Ingestão de cálcio – Ingestão de cálcio acima ou abaixo da mediana.

As características das participantes do estudo de prevalência, em relação à exposição ao NDVI abaixo ou acima da mediana, dentro do *buffer* de 100m, 250m, 500m e 1000m ao redor de cada endereço residencial, foram analisadas por testes qui-quadrado de Pearson para as variáveis categóricas. A existência de colinearidade foi avaliada por meio do fator de inflação da variância, ajustado para todos os potenciais confundidores (Greenland *et al.*, 2016). O nível de significância foi estabelecido em $p=0,05$. O software R 3.6.3 para Mac foi usado para a análise estatística. Os dados são apresentados como razão de prevalências (intervalos de confiança de 95%).

IV. RESULTADOS

As participantes moravam na área urbana e apresentavam, em média, 51 anos de idade, IMC de 26,7kg/m², exposição à RUV de 2,2SED, nível de vitamina D de 63,8nmol/L, e 15,8% das participantes apresentaram insuficiência de vitamina D.

1. Análise da razão de prevalências

A prevalência de insuficiência de vitamina D foi maior entre mulheres com baixa exposição à RUV (27,5% vs 4,4%, $p=0,002$), com uma razão de prevalência de 6,2 (intervalo de confiança de 95% [IC] 1,68-22,7) (quadro I). A prevalência de insuficiência de vitamina D também foi maior entre mulheres com sobrepeso (22% vs 7,1%, $p=0,04$), contudo a razão de prevalência de 3 perdeu significância (intervalo de confiança de 95% [IC] 0,87-10).

A prevalência de sintomas de depressão foi maior entre mulheres com insuficiência de vitamina D (68,8% vs 35,3%, $p=0,01$), com uma razão de prevalência de 1,95 (intervalo de confiança de 95% [IC] 1,1-3,5). No modelo ajustado para o IMC na associação entre exposição à insuficiência de vitamina D e sintomas de depressão, a razão de prevalência foi de 3,2 (intervalo de confiança de 95% [IC] 1,02-11,3).

Como quase todas as participantes (97%) tiveram ingestão de vitamina D abaixo dos 10 µg/dia recomendados, optou-se em fazer a análise conforme o valor da mediana. A mesma análise foi realizada para a ingestão de cálcio, pois mais de 80% tiveram ingestão média abaixo da ingestão dietética recomendada (IOM, 2011). Contudo, os resultados não alcançaram significância estatística.

Quadro I – Associação entre níveis de vitamina D e potenciais variáveis de confusão.

Table I – Association between vitamin D levels and potential confounding variables.

Variáveis de exposição		Vitamina D	
	Suficiente (n)	Insuficiente (n)	P-valor
RUV			0,002
Alto	43	2	
Baixo	37	14	
IMC			0,04
Normal	39	3	
Alto	46	13	
Depressão			0,01
Sem sintomas	55	5	
Com sintomas	30	11	
Inatividade física ¹			0,052
Não	25	1	
Sim	60	15	
Faixa etária			0,26
Maiores de 50 anos	45	6	
Até 50 anos	40	10	
Cor da pele			0,68
Branca	62	11	
Parda/preta	22	5	
Escolaridade			0,76
Graduação	46	8	
Até o ensino médio	39	8	
Hábito de fumar ¹			0,07
Não	66	9	
Sim	19	7	
Consumo de bebida alcoólica			0,72
Não	57	10	
Sim	28	6	
Uso de protetor solar diariamente			0,71
Não	41	7	
Sim	43	9	
Ingestão de vitamina D acima da mediana			0,37
Não	38	9	
Sim	42	6	
Ingestão de Cálcio acima da mediana			0,17
Não	38	10	
Sim	42	5	

Nota: Algumas das 101 participantes não responderam a todas questões.

2. Análise do NDVI e associação com a insuficiência de vitamina D

Na figura 3, é apresentada a superfície contínua de NDVI gerada a partir das imagens *Landsat TM*. Ao dividir a superfície NDVI em três classes, foi observado que as participantes moravam em uma classe com valor muito baixo (0,05), indicando a escassez de vegetação. Em relação aos níveis de vitamina D, foi verificado um padrão aleatório da distribuição espacial dos casos de insuficiência.

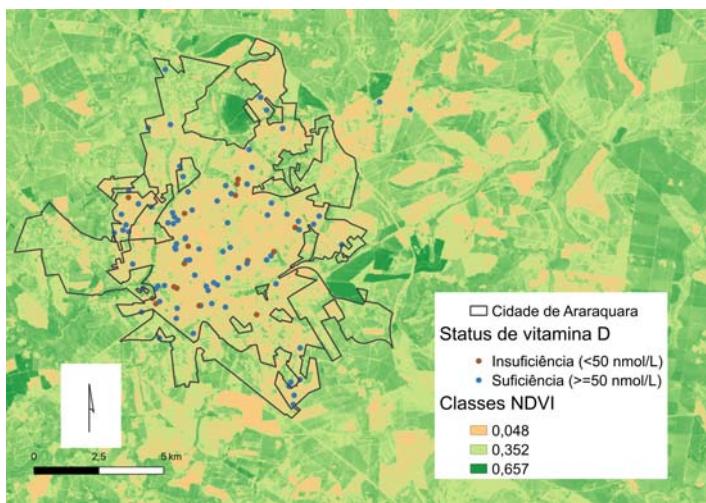


Fig. 3 – Superfície NDVI da cidade de Araraquara. Figura a cores disponível online.

Fig. 3 – NDVI surface of Araraquara city. Colour figure available online.

Foram calculados os valores médios de NDVI dentro dos *buffers* de 100, 250, 500 e 1000 metros do endereço geocodificado das participantes. Na figura 4, é possível observar valores de NDVI que estavam acima ou abaixo da mediana, conforme os diferentes *buffers*. Nos *buffers* de 1000 e 500 metros, verifica-se que as moradoras na região central da cidade de Araraquara estavam menos expostas a áreas verdes.

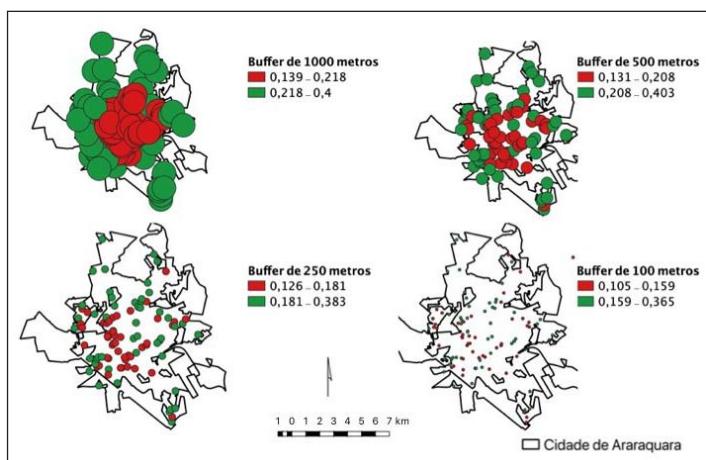


Fig. 4 – Classes de *buffers* (acima e abaixo da mediana) de diferentes tamanhos com valores médios de NDVI. Figura a cores disponível online.

Fig. 4 – Buffer classes (above and below the median) of different sizes with mean NDVI values. Colour figure available online

Foi feita a análise de associação entre o índice de vegetação circundante residencial em diferentes *buffers* e demais variáveis. A prevalência de insuficiência de vitamina D foi maior entre mulheres que moravam em locais com baixo índice de verde circundante residencial no buffer de 1000m (24% vs 8%, $p=0,03$). Contudo, a razão de prevalência não apresentou significância estatística (intervalo de confiança de 95% [IC] 0,97-9,27) (quadro II).

Quadro II – Associação entre o índice de vegetação circundante residencial em diferentes *buffers* (1000 e 500 metros) e níveis de vitamina D, e potenciais variáveis de confusão.

Table II – Association between the residential surrounding vegetation index in different buffers (1000 and 500 meters) and vitamin D levels, and potential confounding variables.

	Mediana NDVI 1000			Mediana NDVI 500		
	Abaixo	Acima	P-valor	Abaixo	Acima	P-valor
Vitamina D			0,03			0,27
Suficiente	38	46		40	44	
Insuficiente	12	4		10	6	
IMC			0,42			0,68
Normal	23	19		22	20	
Alto	27	31		28	60	
RUV			0,001			0,005
Alto	14	30		15	29	
Baixo	33	18		32	32	
Atividade física			0,49			0,82
Sim	11	14		12	13	
Não	39	36		38	37	
Angústia			0,41			0,41
Não	28	32		28	32	
Sim	22	18		22	18	

A prevalência de baixos níveis de RUV foi maior entre mulheres que moravam em locais com baixo índice de verde circundante residencial no *buffer* de 1000m (70,2% vs 37,5%, $p=0,001$), com uma razão de prevalência de 1,87 (intervalo de confiança de 95% [IC] 1,24-2,82). Também houve maior prevalência de baixos níveis de RUV entre mulheres que moravam em locais com baixo índice de verde circundante residencial no *buffer* de 500m (68,1% vs 39,6%, $p=0,005$), com uma razão de prevalência de 1,72 (intervalo de confiança de 95% [IC] 1,14-2,6). Para os demais *buffers*, nenhuma associação significativa entre a exposição ao NDVI verde e demais variáveis foram encontradas.

V. DISCUSSÃO

Dependendo da estrutura da copa das árvores, é possível que os raios UVB não cheguem à superfície, principalmente quando suas sombras obscurecem o sol e o céu. Sob árvores que obscurecem o sol, mas deixam grande parte do céu à vista, a irradiância UVB será maior, mesmo que seja substancialmente reduzida (Heisler *et al.*, 2003). Outros fato-

res afetam o grau de proteção à RUV fornecidos pela sombra das árvores e incluem refletividade das superfícies circundantes e comportamentos individuais, como níveis de atividade física ao ar livre e tipo de roupa (Parisi *et al.*, 2020).

O maior acesso a áreas verdes contribui para realização de atividades físicas e *status* de peso normal (Markevych *et al.*, 2017), variáveis essas associadas aos níveis adequados de vitamina D, como demonstrado no presente estudo ($P=0,052$ e $P=0,04$, respectivamente). Estudos encontraram associações inversas entre certas medidas de exposição à árvore e IMC, incluindo mais manchas de árvores urbanas bem conectadas, maior proximidade com florestas e maior densidade de árvores nas ruas (Choi *et al.*, 2011; Dadvand *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2014; Lovasi *et al.*, 2012; Ulmer *et al.*, 2016). Viver em ambientes mais verdes também está associado ao aumento das atividades, como caminhada, redução do uso de veículos motorizados e participação mais ativa em atividades físicas recreativas (Fernandes & Barreto, 2017, Villeneuve *et al.*, 2018). Tendais e Ribeiro (2021) estudaram a relação entre espaços verdes urbanos e saúde mental durante o confinamento na pandemia da Covid-19, mostrando o efeito de reduzir a exposição a condições adversas de habitações inadequadas e superlotadas. Logo, as atividades físicas ao ar livre promovidas pelos espaços verdes contribuem para a maior exposição à luz solar, permitindo a produção cutânea de vitamina D. Em nosso estudo, a definição de atividade física não foi informativa o suficiente para saber o tempo gasto ao ar livre, tornando-se assim um limitante para a análise de mediação desta atividade na síntese da vitamina D. Também não foram levantados os deslocamentos feitos a pé ou por bicicleta para ir ao trabalho, geralmente de grande regularidade e exposição aos elementos do clima.

Os benefícios das árvores urbanas para a saúde humana são comprovados em muitos desfechos e incluem tópicos relacionados com a redução da poluição do ar e da exposição ao calor. Em um país de clima tropical, a menor exposição ao calor pode se relacionar, direta ou indiretamente, com maiores concentrações de 25(OH)D, pois um ambiente ao ar livre com microclima agradável torna-se mais convidativo à exposição da pele ao sol. Em contrapartida, a deficiência de vitamina D pode ser agravada pela poluição do ar, que reduz a exposição aos raios UVB, além de desestimular a exposição ocupacional ao sol (Mendes *et al.*, 2019). Na Cidade do México, a deficiência de vitamina D é um problema, pois a radiação ultravioleta é bastante reduzida pela poluição (Galindo *et al.*, 1995). Desta forma, outro limitante do presente estudo é a ausência de uma análise da influência direta e indireta das árvores sobre a exposição ao calor e à poluição atmosférica local. Guedes Vidal *et al.* (2021) revelaram que em espaços da cidade onde há maior privação socioeconómica e ambiental os espaços verdes são percebidos pelos seus utilizadores como de menor qualidade e, portanto, podem ser menos atrativos. Franco & Marques da Costa (2021) concluíram que, em uma comunidade vulnerável de Sintra, Portugal, a população praticante de atividades físicas constitui uma minoria e que isso decorre de vários fatores: socioeconómicos, extensão das deslocações casa-trabalho e horários a que estas se verificam e a composição do agregado familiar, além do pouco acesso aos espaços verdes. Este padrão repete-se em vários municípios da Área Metropolitana de Lisboa, mostrando a validade da tendência (Louro *et al.*, 2021).

Achados indicam que a vitamina D pode ser o mediador entre o verde residencial e a mortalidade (Zhu *et al.*, 2020). A associação entre deficiência de vitamina D e várias doenças, como osteoporose, hipertensão, doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, e mais recentemente Covid-19, é evidenciada em vários estudos observacionais (Acharya *et al.*, 2021, Dawson-Hughes *et al.*, 2020, Holick, 2007, Martineau *et al.*, 2017, Mcdonnell *et al.*, 2018, Oristrell *et al.*, 2021, Vimaleswaran *et al.*, 2014, Zhou *et al.*, 2022). Como encontrado no presente estudo, associações sugerem que tanto a deficiência quanto a insuficiência de vitamina D também podem ser fatores de risco para o desenvolvimento de depressão de início recente em adultos de meia-idade (Ronaldson *et al.*, 2020). Já a associação entre o verde residencial e sintomas de depressão não foi encontrada no presente estudo. Contudo, outros estudos demonstram que a exposição a áreas verdes está associada a medidas mais baixas dos sintomas de ansiedade, raiva, confusão, fadiga e depressão (Morita *et al.*, 2007, Park *et al.*, 2011), em especial para mulheres, ao caminhar na floresta (Shin *et al.*, 2013).

Há de se considerar ainda que o NDVI médio de um bairro é apenas uma estimativa do acesso real ao espaço verde, e não foram medidos todos os fatores que influenciam o comportamento individual ao ar livre. Ainda assim, os resultados do estudo fornecem uma primeira visão sobre a conexão entre vitamina D e vegetação urbana e podem ser importantes para um planejamento urbano saudável no Brasil.

VI. PROPOSIÇÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

Em estudos de Geografia da Saúde, os mapas têm um papel central na geração e verificação de hipóteses sobre condições de saúde e para a compreensão dos seus determinantes sociais e ambientais. O geoprocessamento, além de uma mera localização no território, se presta a estabelecer correlações espaciais e a analisar fenômenos dinâmicos e complexos. O uso de NDVI, como indicador de vegetação circundante residencial, tem sido frequente na literatura científica e tem possibilitado análises de associação do tipo multinível para diversos desfechos em saúde (Nichani *et al.*, 2020, Persson *et al.*, 2018). Entretanto, poucos estudos foram encontrados sobre a associação entre área verde residencial e *status* de vitamina D, principalmente estudos que utilizassem NDVI. Entre eles está o estudo realizado por Zhu e colaboradores que analisou a associação entre maior média anual de NDVI e maiores chances de níveis suficientes de vitamina D. O estudo longitudinal rastreou as mudanças nas concentrações séricas de 25(OH)D em relação ao verde residencial (Zhu *et al.*, 2020). Já Fransen (2021) investigou a associação entre o espaço verde residencial durante a gravidez e o *status* de vitamina D no nascimento, bem como o efeito do verde na densidade mineral óssea em crianças, já que foi o primeiro estudo a encontrar uma associação entre espaço verde residencial e saúde óssea em crianças (Fransen, 2021). Até onde sabemos, o estudo agora apresentado é o primeiro sobre a relação do *status* de vitamina D com o nível de verde residencial realizado no Brasil, utilizando NDVI. O estudo fornece evidências sobre os benefícios das áreas verdes na saúde, precisando assim que a análise seja continuada. A extração de conhecimento inovador e

inédito, a partir de uma quantidade de dados requer um conhecimento interdisciplinar, tomando o espaço geográfico como indicativo das condições de vida da população que nele reside.

A idade está entre as variáveis que precisam ser mais detalhadas. Os idosos apresentam capacidade reduzida para produção de vitamina D, absorção de cálcio e produção renal de 1,25(OH)2D (Gallagher, 2013). Contudo, melhores hábitos de vida na velhice, como realizar mais atividades ao ar livre, podem interferir positivamente na produção cutânea da vitamina D através da maior exposição ao ultravioleta (Santana *et al.*, 2022). Tendo em vista que o envelhecimento se tem mostrado um determinante essencial na síntese de vitamina D, a continuação do estudo, com número de amostra suficiente que permita a categorização por idade, fornecerá resultados mais completos sobre a influência do ambiente arbóreo.

Uma caminhada de 20 minutos, durante o intervalo do almoço, em um ambiente urbano, seria suficiente para alcançar o *status* adequado de vitamina D. Esse cálculo é realizado em condições de céu aberto e em países localizados em latitudes médias, considerando 1000UI suficientes para alcance de *status* adequado de vitamina D (Mckenzie *et al.*, 2009; Schrempf *et al.*, 2017; Seckmeyer *et al.*, 2013). As condições climáticas dos países tropicais podem trazer novos resultados sobre o tempo necessário de exposição a luz solar para a síntese de vitamina D. São necessárias, também, análises sobre conforto térmico ao ar livre, estilo de vida e poluição do ar.

Poucos alimentos contêm naturalmente vitamina D, o que reforça o peso que a exposição adequada ao sol tem sobre níveis ideais da vitamina no corpo humano. Alimentos que contêm vitamina D (salmão ou outros peixes oleosos, óleo de fígado de bacalhau, leite, ovos e cogumelos secos ao sol) (Holick, 2007), são de baixo consumo no Brasil. Níveis baixos da ingestão de vitamina D foram observados no presente estudo, não havendo associação com as concentrações de 25(OH)D.

Há ainda necessidade de aprofundar estudos sobre NbS, de forma a que evolua como uma ferramenta baseada no rigor científico e pesquisa acadêmica. Entre outras classificações, as abordagens podem ser relacionadas à gestão baseada em ecossistemas, à restauração de paisagens florestais e à infraestrutura verde. O plantio e a preservação de árvores no ambiente urbano de países tropicais poderiam contribuir para tornar o clima local mais agradável à exposição solar, com temperaturas mais amenas. Esses temas são sensíveis à síntese da vitamina D e podem contribuir para o alcance dos níveis adequados, evitando a necessidade de suplementação farmacêutica do nutriente.

AGRADECIMENTOS

Ao SESA – Serviço Especial de Saúde de Araraquara e sua equipe. Às Mulheres que participaram da pesquisa.

À Capes – Coordenadoria de apoio ao Ensino Superior do Ministério da Educação do Brasil. Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico. À UGPN – University Global Partnership Network.

ORCID ID

Keila Valente de Souza de Santana  <https://orcid.org/0000-0002-0415-4803>
Sofia Lizarralde Oliver  <https://orcid.org/0000-0002-1857-7444>
Thais Mauad  <https://orcid.org/0000-0002-3354-1466>
Maria Aparecida de Oliveira  <https://orcid.org/0000-0001-5717-9118>
Tiana Carla Lopes Moreira  <https://orcid.org/0000-0001-9710-7725>
Susan Lanham-New  <https://orcid.org/0000-0003-3153-6345>
Helena Ribeiro  <https://orcid.org/0000-0002-1321-7060>

CONTRIBUTOS DOS/AS AUTORES/AS

Keila Valente de Souza de Santana: Conceptualização; Metodologia; Software; Validação; Análise formal; Investigação; Recursos; Curadoria dos dados; Escrita – preparação do esboço original. **Sofia Lizarralde Oliver:** Análise formal; Redação – revisão e edição; Visualização. **Thais Mauad:** Metodologia; Software; Validação; Análise formal; Redação – revisão e edição; Visualização. **Maria Aparecida de Oliveira:** Software; Validação; Redação – revisão e edição; Visualização. **Tiana Carla Lopes Moreira:** Metodologia; Software; Validação; Análise formal; Redação – revisão e edição; Visualização. **Susan Lanham-New:** Conceptualização; Metodologia; Visualização; Aquisição de financiamento. **Helena Ribeiro:** Conceptualização; Metodologia; Redação – revisão e edição; Visualização; Supervisão; Administração do projeto; Aquisição de financiamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acharya, P., Dalia, T., Ranka, S., Sethi, P., Oni, O. A., Safarova, M. S., ... Barua, R. S. (2021). The effects of vitamin D supplementation and 25-hydroxyvitamin D levels on the risk of myocardial infarction and mortality. *Journal of the Endocrine Society*, V(5), 124. <https://doi.org/10.1210/jendso/bvab124>
- Araraquara. (2021). *Manual de arborização urbana* [Urban afforestation manual]. Araraquara.
- Choi, H. S., Oh, H. J., Choi, H., Choi, W. H., Kim, J. G., Kim, K. M., ... Lim, S. (2011). Vitamin D insufficiency in Korea – a greater threat to younger generation: the Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES) 2008. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(3), 643-651. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-2133>
- Cohen-shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnes, S. (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. IUCN.
- Dadvand, P., Villanueva, C. M., Font-Ribera, L., Martinez, D., Basagaña, X., Belmonte, J., ... Nieuwenhuijsen, M. J. (2014). Risks and benefits of green spaces for children: a cross-sectional study of associations with sedentary behavior, obesity, asthma, and allergy. *Environmental health perspectives*, 122(12), 1329-1335. <https://doi.org/10.1289/ehp.1308038>
- Dawson-Hughes, B., Staten, M. A., Knowler, W. C., Nelson, J., Vickery, E. M., LeBlanc, E., ... Pittas, A. G. (2020). Intratrial exposure to vitamin D and new-onset diabetes among adults with prediabetes: a secondary analysis from the vitamin D and type 2 diabetes (D2d) study. *Diabetes Care*, 43(12), 2916-2922. <https://doi.org/10.2337/dc20-1765>
- Fernandes, M. R., & Barreto, W. D. R. (2017). Association between physical activity and vitamin D: A narrative literature review. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 63(2), 550-556. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.63.06.550>
- Ferreira, A. C., Chiaravalloti, Neto F., & Mondini, A. (2018). Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por Aedes aegypti [Dengue in Araraquara, SP: epidemiology, climate and infestation by Aedes aegypti]. *Revista de Saúde Pública*, 52, 18. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000414>

- Franco, P., & Marques da Costa, E. (2021). Atividade física no quotidiano familiar das periferias: Uma visão a partir de Rio de Mouro – Sintra [Physical activity in the daily life of families in the outskirts: A view from Rio de Mouro – Sintra]. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia, LVI*(116), 183-203. <https://doi.org/10.18055/Finis20067>
- Fransen, A. (2021). *Residential green space in association with vitamin D at birth and bone density during childhood*. [Master thesis, UHASSELT]. UHASSELT Master Theses collection home page. <https://documentserver.uhasselt.be/handle/1942/35087>
- Galindo, I., Frenk, S., & Bravo, H. (1995). Ultraviolet irradiance over Mexico city. *Journal of the Air & Waste Management Association, 45*(11), 886-892. <https://doi.org/10.1080/10473289.1995.10467419>
- Gallagher, J. C. (2013). Vitamin D and aging. *Endocrinology and Metabolism Clinics, 42*(2), 319-332. <https://doi.org/10.1016/j.ecl.2013.02.004>
- Goldberg, D. (1978). *Manual of the general health questionnaire*. NFER.
- Greenland, S., Senn, S. J., Rothman, K. J., Carlin, J. B., Poole, C., Goodman, S. N., & Altman, D. G. (2016) Statistical tests, P values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations. *European Journal of Epidemiology, 31*(4), 337-350. <https://doi.org/10.1007/s10654-016-0149-3>
- Guedes Vidal, D., Oliveira Fernandes, C., Viterbo, L. M. F., Vilaça, H., Barros, N., & Maia, R. L. (2021). Usos e percepções sobre jardins e parques públicos urbanos. Resultados preliminares de um inquérito na cidade do Porto (Portugal) [Uses and perceptions of urban public gardens and parks. Preliminary results of a survey in the city of Porto (Portugal)]. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia, LVI*(116), 137-157. <https://doi.org/10.18055/Finis19813>
- Heisler, G. M., Grant, R. H., Nowak, D. J., Gao, W., Crane, D. E., & Walton, J. T. (2003). Inclusion of an ultraviolet radiation transfer component in an urban forest effects model for predicting tree influences on potential below-canopy exposure to UVB radiation. *SPIE, 228-235*. <https://doi.org/10.1117/12.509193>
- Holick, M. F. (2004). Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease. *The American journal of clinical nutrition, 80*(6), 1678S-1688S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.6.1678S>
- Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine, 357*(3), 266-281. <https://doi.org/10.1056/NEJMra070553>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Censo Populacional* [Population Census]. IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/araraquara/panorama>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2019). *Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos* [Weather Prediction Center and Climate Studies]. INPE. <https://www.cptec.inpe.br/sp/araraquara>
- Kim, J. H., Lee, C., Olvera, N. E., & Ellis, C. D. (2014). The role of landscape spatial patterns on obesity in Hispanic children residing in inner-city neighborhoods. *Journal of physical activity and health, 11*(8), 1449-1457. <https://doi.org/10.1123/jph.2012-0503>
- Leal, A. C. G. B., Corrêa, M. P., Holick, M. F., & Melo, E. V. (2021). Sun-induced production of vitamin D3 throughout 1 year in tropical and subtropical regions: relationship with latitude, cloudiness, UV-B exposure and solar zenith angle. *Photochemical & Photobiological Sciences, 20*(2), 265-274. <https://doi.org/10.1007/s43630-021-00015-z>
- Louro, A., Franco, P., & Marques da Costa, E. (2021). Determinants of physical activity practices in metropolitan context: the case of Lisbon Metropolitan Area, Portugal. *Sustainability, 13*(18), 10104. <https://doi.org/10.3390/su131810104>
- Lovasi, G. S., Bader, M. D. M., Quinn, J., & Neckerman, K. (2012). Body mass index, safety hazards, and neighborhood attractiveness. *American Journal of Preventive Medicine, 43*(4), 378-384. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.06.018>
- Mari, J. D. J., & Williams, P. (1985). A comparison of the validity of two psychiatric screening questionnaires (GHQ-12 and SRQ-20) in Brazil, using Relative Operating Characteristic (ROC) analysis. *Psychological medicine, 15*(3), 651-659. <https://doi.org/10.1017/s0033291700031500>
- Markevych, I., Schoierer, J., Hartig, T., Chudnovsky, A., Hystad, P., Dzhambov, A. M., ... Fuertes, E. (2017). Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environmental research, 158*, 301-317. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.028>
- Martineau, A. R., Jolliffe, D. A., Hooper, R. L., & Greenberg, L. (2017). Vitamin D supplementation to

- prevent acute respiratory tract infections: systematic review and meta-analysis of individual participant data. *bmj*, 356, i6583. <https://doi.org/10.1136/bmj.i6583>
- Matsudo, S., Araújo, T., Marsudo, V., Andrade, D., Andrade, E., Oliveira, L. C., & Braggion, G. (2001). Questionário internacional de atividade física (IPAQ): estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, 6(2), 05-18. <https://doi.org/10.12820/rbafs.v6n2p5-18>
- Mcdonnell, S. L., Baggerly, C. A., French, C. B., Baggerly, L. L., Garland, C. F., Gorham, E. D., ... Lappe, J. M. (2018). Breast cancer risk markedly lower with serum 25-hydroxyvitamin D concentrations \geq 60 vs < 20 ng/ml (150 vs 50 nmol/L): Pooled analysis of two randomized trials and a prospective cohort. *PloS one*, 13(6), e0199265. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199265>
- McKenzie, R. L., Liley, J. B., & Björn, L. O. (2009). UV radiation: balancing risks and benefits. *Photochemistry and photobiology*, 85(1), 88-98. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2008.00400.x>
- Mendes, M. M., Darling, A. L., Hart, K. H., Morse, S., Murphy, R. J., & Lanham-New, S. A. (2019). Impact of high latitude, urban living and ethnicity on 25-hydroxyvitamin D status: A need for multidisciplinary action? *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 188, 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2018.12.012>
- Morita, E., Fukuda, S., Nagano, J., Hamajima, N., Yamamoto, H., Iwai, Y., ... Shirakawa, T. (2007). Psychological effects of forest environments on healthy adults: Shinrin-yoku (forest-air bathing, walking) as a possible method of stress reduction. *Public health*, 121(1), 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2006.05.024>
- Nichani, V., Turley, L., Vena, J. E., & McCormack, G. R. (2020). Associations between the neighborhood characteristics and body mass index, waist circumference, and waist-to-hip ratio: Findings from Alberta's Tomorrow Project. *Health & Place*, 64, 102357. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2020.102357>
- Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. (2011). *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO.ALIMENTAÇÃO* [Brazilian Food Composition Table - TACO. FOOD]. (4^a ed.). NEPA-UNICAMP.
- O'Callaghan-Gordo, C., Espinosa, A., Valentin, A., Tonne, Pérez-Goméz, B., Castaño-Vinyals, G., ... Kogevinas, M. (2020). Green spaces, excess weight and obesity in Spain. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 223(1), 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.10.007>
- Oristrell, J., Oliva, J. C., Casado, E., Subirana, I., Domínguez, D., Toloba, A., ... Grau, M. (2021). Vitamin D supplementation and COVID-19 risk: A population-based, cohort study. *Journal of endocrinological investigation*, 45(1), 167-179. <https://doi.org/10.1007/s40618-021-01639-9>
- Parisi, A. V., Downs, N., Igoe, D., & Turner, J. (2016). Characterization of cloud cover with a smartphone camera. *Instrumentation Science & Technology*, 44(1), 23-34. <https://doi.org/10.1080/10739149.2015.1055577>
- Park, B.-J., Furuya, K., Kasetani, T., Takayama, N., Kagawa, T., & Miyazaki, Y. (2011). Relationship between psychological responses and physical environments in forest settings. *Landscape and Urban Planning*, 102(1), 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.03.005>
- Persson, A., Pyko, A., Lind, T., Bellander, T., Östenson, C. -G., Pershagen, G., ... Löhmus, M. (2018). Urban residential greenness and adiposity: A cohort study in Stockholm County. *Environment International*, 121(1), 832-841. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.009>
- Ribeiro, H., Santana, K. V. S., Oliver, S. L., Rondó, P. H. C., Mendes, M. M., Charlton, K., & Lanham-New, S. (2020). Does Vitamin D play a role in the management of Covid-19 in Brazil? *Revista de Saúde Pública*, 54, 53. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054002545>
- Ronaldson, A., De La Torre, J. A., Gaughran, F., & Bakolis, I. (2020). Prospective associations between vitamin D and depression in middle-aged adults: findings from the UK Biobank cohort. *Psychological Medicine*, 52(10), 1-9. <https://doi.org/10.1017/s0033291720003657>
- Rondó, P. H. C., Rezende, G., Lemos, J. O., Pereira, J. A. (2013). Maternal stress and distress and child nutritional status. *European journal of clinical nutrition*, 67(4), 348-352. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.28>
- Santana, K. V. D. S., Oliver, S. L., Mendes, M. M., Lanham-New, S., Charlton, K. E., & Ribeiro, H.

- (2022). Association between vitamin D status and lifestyle factors in Brazilian women: Implications of Sun Exposure Levels, Diet, and Health. *eClinicalMedicine*, 47, 101400. <https://doi.org/10.1016/j.eclim.2022.101400>
- Schrempf, M., Thuns, N., Lange, K., & Seckmeyer, G. (2017). Impact of orientation on the vitamin D weighted exposure of a human in an urban environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 920. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080920>
- Seckmeyer, G., Schrempf, M., Wieczorek, A., Riechelmann, S., Graw, K., Seckmeyer, S., & Zankl, M. (2013). A novel method to calculate solar UV exposure relevant to vitamin D production in humans. *Photochemistry and Photobiology*, 89(4), 974-983. <https://doi.org/10.1111/php.12074>
- Shin, Y. K., Kim, D. J., Jung-Choi, K., Son, Y.-J., Koo, J.-W., Min, J.-A., & Chae, J.-H. (2013). Differences of psychological effects between meditative and athletic walking in a forest and gymnasium. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28(1), 64-72. <https://doi.org/10.1080/02827581.2012.706634>
- Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. (2017) *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos* [Brazilian Food Composition Table]. Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 6.0. <http://www.ff.usp.br/tbca>
- Tendais, I., & Ribeiro, A. I. (2021). Espaços verdes urbanos e saúde mental durante o confinamento causado pela Covid-19 [Urban green spaces and mental health during the confinement caused by Covid-19]. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia, LV*(115), 183-188. <https://doi.org/10.18055/Finis20184>
- Toledo, R. A. (2013). Trajetórias do planejamento urbano no município de Araraquara: centralismo decisório ou participação? [Trajectories of urban planning in the city of Araraquara: decision-making centralism or participation?] [Tese de Doutoramento, Universidade do Estado de São Paulo]. Repositório da UNESP. <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/100929>
- Turnbull, D. J., Parisi, A. V., & Kimlin, M. G. (2005). Vitamin D effective ultraviolet wavelengths due to scattering in shade. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 96(5), 431-436. <https://doi.org/10.1016/j.jsbmb.2005.04.039>
- Ulmer, J. M., Wolf, K. L., Backman, D. R., Tretheway, R. L., Blain, C. J., O'Neil-Dunne, J., & 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 [UN]. (1992). *United Nations Framework Convention in Climate Change*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
- Ventura, K. S., Morais, M.S., Vaz Filho, P., & Brunetti Junior, A. (2021). Análise dos efeitos da COVID-19 à coleta de resíduos sólidos domiciliares, recicláveis e de serviços de saúde no município de Araraquara (SP), Brasil [Analysis of the effects of COVID-19 on the collection of solid waste from households, recyclables and health services in the municipality of Araraquara (SP), Brazil]. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26(4):775-784. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200309>
- Villeneuve, P. J., Ysseldyk, R. L., Root, A., Ambrose, S., DiMuzio, J., Kumar, N., ... Rainham, D. (2018). Comparing the normalized difference vegetation index with the Google Street view measure of vegetation to assess associations between greenness, walkability, recreational physical activity, and health in Ottawa, Canada. *International journal of environmental research and public health*, 15(8), 1719. <https://doi.org/10.3390/ijerph15081719>
- Vimaleswaran, K. S., Cavadino, A., Berry, D. J., Jorde, R., Dieffenbach, A. K., Lu, C., Alves, A. C., ... Hipponen, E. (2014). Association of vitamin D status with arterial blood pressure and hypertension risk: a mendelian randomisation study. *The Lancet Diabetes & endocrinology*, 2(9), 719-729. [https://doi.org/10.1016/s2213-8587\(14\)70113-5](https://doi.org/10.1016/s2213-8587(14)70113-5)
- Webb, A. R., Kift, R., Durkin, M. T., O'Brien, S. J., Vail, A., Berry, J. L., & Rhodes, L. E. (2010). The role of sunlight exposure in determining the vitamin D status of the UK white adult population. *British Journal of Dermatology*, 163(5), 1050-1055. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2010.09975.x>
- Zerwekh, J. E. (2008). Blood biomarkers of vitamin D status. *The American journal of clinical nutrition*, 87(4), 1087S-1091S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/87.4.1087S>
- Zhou, A., Selvanayagam, J. B., & Hyppönen, E. (2022). Non-linear Mendelian randomization analyses support a role for vitamin D deficiency in car-

- diovascular disease risk. *European Heart Journal*, 43(18), 1731-1739. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab809>
- Zhu, A., Zeng, Y., & Ji, J. S. (2020). Residential Greenness Alters Serum 25 (OH) D Concentrations: A Longitudinal Cohort of Chinese Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association*, 21(12), 1968-1972. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.04.026>