



Ambiente construído e atividade física de adolescentes: uma abordagem com redes neurais artificiais

Built environment and physical activity of adolescents: an approach with artificial neural networks

AUTORES

Murilo Gominho Antunes Correia Júnior^{1,2}
Thaliane Mayara Pessoa dos Prazeres²
Rafael dos Santos Henrique³
Javiera Alarcon²
Isabele Goes Nobre³
Bruno Cesar Pereira Pinto⁴
Gustavo Aires de Arruda²
Douglas Eduardo Ferreira Maia³
Lucilene Antunes Correia Marques de Sá⁴
Marcos André Moura dos Santos^{1,2}

1 Universidade de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Hebiatria, Recife, Pernambuco, Brasil.

2 Universidade de Pernambuco, Escola Superior de Educação Física, Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física Universidade de Pernambuco/Universidade Federal da Paraíba, Recife, Pernambuco, Brasil.

3 Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Educação Física, Recife, Pernambuco, Brasil.

4 Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, Pernambuco, Brasil.

CONTATO

Marcos André Moura dos Santos
marcos.andre@upe.br
Escola Superior de Educação Física - Rua Arnóbio Marques, 310. Santo Amaro, Recife, Pernambuco, Brasil.
CEP: 50100-130.

DOI

10.12820/rbafs.29e0346



Este trabalho está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a associação do nível de atividade física (AF) e composição corporal em relação à quantidade e distância de ambientes construídos favoráveis à prática da AF em relação ao domicílio de adolescentes da cidade de Lagoa do Carro/Pernambuco, Brasil. Participaram do estudo 289 adolescentes (153 meninos; 10 a 18 anos), devidamente matriculados nas escolas do município. O *Physical Activity Questionnaire for Children* (PAQ-C) e *Physical Activity Questionnaire for Adolescent* (PAQ-A) autoaplicáveis foram utilizados para avaliar o nível de AF. O Sistema de Informação Geográfico foi utilizado para avaliação dos ambientes construídos. Foram criados *Buffers* de 100 a 500 metros de raio a partir do centro do ambiente construído. A Rede Neural Artificial no método de *Feedforward* foi utilizada para analisar a associação e a importância das variáveis do ambiente construído e composição corporal com o nível de AF. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o nível de AF e as distâncias do ambiente construído. Ressalta-se que a quantidade de *buffers* até 500 metros de distância, foi a variável que apresentou maior importância para o nível de AF, juntamente com os adolescentes que residem em locais com maior exposição em quantidade de ambientes construídos, sendo considerados mais ativos. Os principais determinantes do nível da AF dos adolescentes foram a quantidade de *buffers* a 500 metros, o sexo e a distância para o ambiente construído. Em contrapartida, as variáveis, zona de moradia, massa corporal e quantidades de *buffers* a 100 metros foram as que apresentaram um menor poder de influência.

Palavras-chave: Rede neural artificial; Adolescentes; Georreferenciamento.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the association of the level of physical activity (PA) and body composition in relation to the amount and distance of built environments favorable to the practice of PA in relation to the homes of adolescents in the city of Lagoa do Carro/Pernambuco, Brazil. A total of 289 adolescents (153 boys; 10 to 18 years) participated in the study, duly enrolled in schools municipality. The self-administered Physical Activity Questionnaire for Children (PAQ-C) and Physical Activity Questionnaire for Adolescent (PAQ-A) was used to assess the level of PA. The Geographic Information System was used to assess the built environments. Buffers of 100 to 500 meters were created from the center of the built environment. The Artificial Neural Network in the Feedforward method was used to assess the association and importance of built environment and body composition variables with PA level. The different distances from the built environment to the place of residence do not present statistical differences. It is noteworthy that the number of buffers up to 500 meters away was the variable that showed the greatest importance for the PA level, along with adolescents who live in places with greater exposure in terms of built environments, being considered more active. It was possible to conclude that the main determinants of the PA level of adolescents were the amount of buffers at 500 meters, sex and the distance to the built environment. However, the variables, housing area, body mass and amounts of buffers at 100 meters were the ones with the lowest power of influence.

Keywords: Artificial neural network; Adolescents; Georeferencing.

Introdução

A adolescência é uma fase de transição entre a infância e a idade adulta caracterizada por mudanças na velocidade de crescimento físico e desempenho motor¹, bem

como alterações significativas no domínio psicológico, sobretudo nos comportamentos pessoais e sociais^{2,3}. Durante esta etapa da vida, acredita-se que todos os sujeitos são saudáveis, todavia, acometimentos de doenças

crônicas não transmissíveis estão aumentando na população adolescente. Este fato pode ser compreendido pela ausência de hábitos de alimentação saudável e a redução nos níveis de atividade física (AF)⁴.

Os modelos ecológicos aplicados ao domínio da Epidemiologia da AF sugerem a existência de múltiplas influências do ambiente físico, natural e construído, nos níveis de AF de crianças e adolescentes⁵. Por exemplo, Carlson et al.⁶, observaram em adolescentes (n = 690; 12 a 16 anos) que a densidade de interseção e a facilidade de locomoção do bairro foram positivamente relacionadas ao deslocamento ativo (i.e., caminhada e ciclismo).

No Brasil, especificamente na região nordeste, são escassos os estudos que mostrem, de modo consistente, as relações diretas, ou não, entre características do ambiente construído e níveis diferenciados de AF. Não obstante este fato, um estudo realizado com adolescentes e adultos (n = 2046; 16 a 55 anos de idade), residentes da cidade do Recife, Pernambuco, mostrou que a falta de calçadas e o baixo acesso a instalações recreativas foram associados a uma menor probabilidade de realizar 150 minutos ou mais por semana de AF no lazer⁷.

Nos países em transição, sobretudo em cidades com baixo índice de desenvolvimento humano, os adolescentes estão frequentemente expostos a ambientes marcados por insegurança pessoal e familiar, criminalidade e acidentes de trânsito⁸, bem como na redução dos acessos a praças públicas, parques e instalações desportivas⁹ que podem resultar na diminuição dos níveis de prática de atividades físicas variadas¹⁰. Em contrapartida, a acessibilidade, disponibilidade e atratividade de infraestruturas construídas para a prática de AF tendem a aumentar, significativamente, as chances dos adolescentes se tornarem mais ativos¹¹.

A metodologia do Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem sido particularmente relevante na descrição, e compreensão, das rotas de deslocamento ativo de adolescentes nos seus percursos de casa para a escola¹². No sistema de observações e medições baseadas em SIG é comum determinar uma área em torno da residência de cada sujeito, designada de *buffer*, a partir da qual é possível construir um conjunto variado de indicadores (por exemplo, *walkability*) relativamente a esta área.

Além disto, a utilização de técnicas computacionais na identificação de fatores relacionados à AF é relevante no processo de tomada de decisão quanto ao planejamento e intervenção preventiva em saúde pública¹³. A escolha de uma rede neural artificial (RNA) baseou-se

em sua capacidade em identificar padrões a partir das relações sistemáticas entre as variáveis, a fim de obter informações que se consideram úteis para modelos de previsão linear¹⁴.

Neste sentido, este estudo busca responder a seguinte questão: Será que as distâncias dos ambientes construídos podem ser considerados indicadores do nível de AF em adolescentes? Sendo assim, decorrem daqui os objetivos deste estudo: (1) analisar o nível de AF com base na quantidade e distância dos ambientes construídos existentes, relativamente ao domicílio; (2) examinar a existência de diferenças na composição corporal de adolescentes estratificado pelo nível de AF. Nossa hipótese é que tanto distância quanto a quantidade de ambientes construídos em relação ao local de moradia podem influenciar no nível de AF de adolescentes e composição corporal dos adolescentes.

Métodos

Este estudo caracteriza-se como do tipo transversal e quantitativo, foi conduzido na cidade de Lagoa do Carro, localizada na região nordeste, zona da Mata Norte do estado de Pernambuco, Brasil. A população da cidade é de 18.071 habitantes, ocupando uma área correspondente a 69.870 Km^{2,15}. A densidade demográfica é de 259,4 habitantes por km² no território do município. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade de Pernambuco (No. 2.520.417). Todos os adolescentes e responsáveis assinaram o termo de consentimento e assentimento, atestando a participação voluntária na pesquisa.

Os dados para o desenvolvimento deste estudo são provenientes de um projeto de pesquisa intitulado: “Vida Saudável em Lagoa do Carro: um estudo de base familiar” projetado para descrever e interpretar o quadro relacional de fatores familiares e ambientais (escolar e construído), na variação do crescimento físico, composição corporal, aptidão física, coordenação motora, AF e risco metabólico entre crianças e adolescentes de Lagoa do Carro. Este projeto tem, também, uma extensão com famílias nucleares centrada na abordagem *top-down* da Epidemiologia Genética¹⁶.

No presente estudo, foram incluídos 289 adolescentes (153 meninos) matriculados nas 17 escolas da rede municipal do sexto ao nono ano do ensino fundamental, com idades entre 10 e 18 anos de idade. Foram adotados como critérios de exclusão adolescentes que apresentavam algum *déficit* neurológico e/ou problemas osteomusculares que pudessem limitar a realização das ava-

liações. Além disto, adolescentes gestantes e/ou alunos que não possuíssem endereço de moradia catalogados na ficha de matrícula escolar ou no programa do governo brasileiro de transferência direta de renda direcionada as famílias em situação de pobreza (Bolsa Família).

Antropometria e composição corporal

A estatura (cm), altura sentada (cm) e massa corporal (kg) foram obtidas com métodos standardizados¹⁷. Para medir a estatura foi utilizado um estadiômetro portátil (Sanny, São Paulo, Brasil), com precisão de 0,1 cm, também utilizado para medir a altura sentada, juntamente com um banco de madeira com tamanho conhecido (50 cm). A massa corporal foi medida com uma balança portátil (G Tech, São Paulo, Brasil), com precisão de 0,1 kg. Os valores da massa corporal e da estatura foram utilizados para calcular o índice de massa corporal (IMC): $[IMC = \text{massa (kg)} / \text{estatura (m}^2\text{)}]$. A classificação do IMC considerou a distribuição do Z-Score, utilizando o software *WHO Anthro Plus* (versão 1.0.4) considerando o sexo do adolescente, data de nascimento e idade no momento da avaliação¹⁸.

Para estimar a composição corporal em dois compartimentos - massa gorda e massa magra - recorreu-se ao método antropométrico. Para tanto, obtiveram-se medidas de espessura das dobras cutâneas tricipital e subescapular, com o uso de um adipômetro (Lange, Santa Cruz, Califórnia), com pressão constante de $10 \text{ g}\cdot\text{mm}^{-2}$ e precisão de 1 mm. As medidas foram realizadas em triplicata e adotou-se como valor a mediana. A massa gorda (MG) foi calculada a partir da relação entre o peso corporal e o percentual de gordura corporal e expressa em kilogramas. A massa corporal magra (MM) foi calculada a partir da diferença entre o peso corporal e a massa gorda e expressa em kilogramas¹⁷.

As medidas da circunferência da cintura e quadril foram obtidas em duplicata, por meio de uma trena metálica e inextensível (Cescorf, Porto Alegre, Brasil) com precisão de 0,1 cm, segundo técnicas convencionais descritas previamente¹⁹. O valor médio entre as duas medidas foi utilizado como referência.

Maturação biológica

A avaliação da maturidade biológica foi realizada através do método descrito por *Mirwald, Baxter-Jones*²⁰, que usa equações específicas para cada sexo biológico a partir de informações da idade, estatura, altura sentada e comprimento dos membros inferiores para prever a distância, em anos, que cada participante está de al-

cançar o pico de velocidade da estatura (PVE). Esta distância é designada de *offset* maturacional. Um valor positivo de *offset* maturacional representa o número de anos que o participante está além do PVE, enquanto que um valor negativo representa o número de anos que o participante está antes do PVC.

Ambiente construído

As informações relativas aos logradouros dos ambientes construídos, bem como instalações e equipamentos esportivos públicos, foram obtidas junto à Secretaria de Arquitetura e Urbanismo do município considerando os seguintes indicadores: (a) complexos esportivos (área com equipamentos esportivos, incluindo campos e quadras esportivas, piscina e academias); (b) parques públicos (áreas verdes naturais ou seminaturais usadas para atividades recreativas); (c) campos e quadras esportivas; (d) *playground* (área destinada para crianças). Desta forma, tendo por base estes indicadores, no município de Lagoa do Carro/Pernambuco foram localizados quatro ambientes construídos de poder público, sendo eles, um campo de futebol, uma praça com diversas instalações e duas quadras poliesportivas, com uma contendo cobertura e a outra sendo a céu aberto (ou seja: sem cobertura). Estes mapas podem ser acessados em Material Suplementar.

Os dados dos setores censitários da cidade foram coletados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para demarcação das áreas rural e urbana. Após a coleta do setor censitário foi realizado o georreferenciamento dos ambientes construídos existentes e a localização de moradia dos adolescentes de forma manual, ponto a ponto. Em detrimento do tamanho da cidade, foram estabelecidos cinco *buffers*, do tipo *crow-fly*²¹ para cada ambiente construído (i.e., 100, 200, 300, 400 e 500 metros) de modo que fosse possível inventariar a quantidade de adolescentes que residiam dentro do raio descrito utilizando o programa *Google Earth Pro*, ressalta-se que a contagem dos adolescentes referente aos *buffers* foi dado de forma contínua, ou seja, o adolescente que encontrava-se no *buffer* de 100 também encontrava-se nos *buffers* de maior tamanho. Por fim, o programa Qgis 3.4.11 foi utilizado para a criação dos mapas do município, com o objetivo de auxiliar a leitura das distribuições dos ambientes construídos e localizações das residências dos adolescentes.

Atividade física

Para descrever os níveis de AF foi utilizado o questio-

nário *Physical Activity Questionnaire for Children* (PAQ-C) e *Physical Activity Questionnaire for Adolescent* (PAQ-A), traduzido para a língua Portuguesa e transculturalmente adaptado para adolescentes brasileiros, deste modo, os dois questionários permitem apontar escores equivalentes ao nível de AF total, computado mediante média aritmética das pontuações atribuídas a cada questão²². No presente estudo, o nível de AF foi categorizado em dois grupos de acordo com os pontos alcançados, sendo: (0): AF baixa (1,00 a 2,74 pontos) e (1): AF física moderada a vigorosa ($\geq 2,75$ pontos)²³.

Análise estatística

Inicialmente, foi efetuada uma análise exploratória dos dados para verificar possíveis erros de entrada da informação (outliers), bem como testar a hipótese de normalidade e homogeneidade através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente. A mediana e amplitude interquartil foram utilizadas para apresentação das variáveis contínuas, enquanto os dados categóricos foram apresentados por meio de frequências absoluta e relativa. As diferenças entre grupos (i.e., AF baixa e AF moderada a vigorosa), foram testadas com o teste *U* de Mann-Whitney para amostras independentes e o Qui-Quadrado (χ^2) para as variáveis categóricas.

Procedimento adotado para rede neural artificial (RNA)

A identificação das variáveis que poderiam influenciar o nível de AF dos adolescentes foi realizada através da análise de RNA. Antes de iniciar a execução da RNA, foi necessário executar o procedimento de normalização dos dados para o intervalo entre 0 e 1. Este tipo de procedimento é necessário, pelo fato dos dados apresentados a RNA esteja sob o domínio da função de ativação empregada (categórica e numérica). A RNA utilizada foi construída com base no método Feedforward no intuito de verificar associações mais complexas e a importância das variáveis independentes para as dependentes. A princípio utilizou-se uma divisão 70% para treino e 30% para teste, em seguida, a arquitetura da RNA utilizada nos experimentos foi toda fixada na estrutura de 1 camada de entrada contendo 14 classes, 1 camada de neurônios ocultos (definida empiricamente) contendo 7 classes e 1 neurônio na camada de saída contendo 2 classes, desta forma a RNA utilizada é de 14 - 7 - 1 e para melhor compreensão das variáveis de entrada e saída na RNA, as mesmas estão descritas na Tabela 1. Em seguida, o desempenho da rede neural

foi determinado pela sensibilidade, especificidade e a área sob a curva da característica de operação do receptor (ROC). Todos os procedimentos foram realizados usando os softwares IBM *SPSS Statistics for Windows*, version 22.0 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA). O nível de significância estabelecido foi fixado em $p < 0,05$.

Tabela 1 – Variáveis de entrada e saída para os modelos de rede neural artificial

Níveis	Variáveis	Categorias	Descrição
Saída	Nível de atividade física	Baixo	Categórica
		moderado/vigorosa	
	Sexo	Feminino	Categórica
		Masculino	
	IMC	Baixo peso	Categórica
		Peso normal	
	Estágio maturacional	Excesso de peso	Categórica
		Púbere	
	Zona de moradia	Pós-púbere	Categórica
		Rural	
	Quantidade de buffers há 100 metros [†]	Urbana	Categórica
		0	
		1	
	Quantidade de buffers há 200 metros [†]	2	Categórica
0			
1			
Quantidade de buffers há 300 metros [†]	2	Categórica	
	0		
	1		
Entradas	Quantidade de buffers há 400 metros [†]	2	Categórica
		3	
		0	
	Quantidade de buffers há 500 metros [†]	1	Categórica
		2	
		3	
		4	
Distância do ambiente construído para a residência	100	Contínua	
	200		
	300		
	400		
	500		
	Acima dos 500 metros		
	Massa corporal (kg)	-	Numérica
	Perímetro de cintura (cm)	-	Numérica
	Massa gorda (kg)	-	Numérica
	Massa magra (kg)	-	Numérica

[†] Quantidade de buffers relativa ao local de moradia.

Resultados

A Tabela 2 apresenta as características descritivas dos adolescentes, de acordo com o nível de AF. Foi observado que os adolescentes com baixo nível de AF apresentaram maiores valores médios em todas as variáveis antropométricas e massa magra ($p < 0,001$), além disso, eram ligeiramente mais avançados do ponto de vista maturacional, comparado aos seus pares do grupo AF moderada a vigorosa (AFMV). Em relação à soma das dobras de adiposidade, percentual de gordura e massa gorda estas diferenças não foram observadas ($p > 0,05$).

Tabela 2 – Mediana e amplitude interquartil das variáveis antropométricas, estágio maturacional e composição corporal.

	Nível de atividade física		
	Baixo nível (n = 170)	Moderado a vigoroso (n = 119)	p-valor
Idade (anos)	11,0 (1,3)	11,0 (1,2)	0,45
Estatura (cm)	147,2 (10,9)	144,0 (11,9)	<0,01*
Massa corporal (kg)	39,6 (15,5)	35,5 (10,7)	<0,01*
IMC (kg/m ²)	18,2 (5,4)	16,9 (3,5)	<0,01
Perímetro de cintura (cm)	63,7 (11,7)	60,3 (7,4)	<0,01*
Perímetro de quadril (cm)	78,9 (14,0)	75,0 (10,6)	<0,01*
Offset maturacional (anos)	-1,3 (1,8)	-1,9 (1,2)	<0,01*
Σ duas dobras (mm)	23,0 (15,8)	21,0 (12,0)	0,19
Gordura corporal (%)	24,5 (10,5)	24,5 (8,9)	0,91
Massa gorda (kg)	9,4 (6,6)	8,8 (4,6)	0,07
Massa magra (kg)	28,6 (10,0)	25,7 (7,3)	<0,01*

Teste U Mann-Whitney *p-valor <0,01

As informações relativas ao sexo, zona de moradia, características de distância dos ambientes contruídos em relação à residência dos adolescentes e a quantidade de *buffers* conforme os raios estabelecidos de acordo com o nível de AF dos adolescentes estão apresentados na Tabela 3. A proporção de adolescente do sexo feminino na categoria AF moderada a vigorosa foi maior do que seus pares do sexo masculino ($p < 0,05$). Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos em relação à localização da residência (zona de moradia e quantidade de *buffers*), como também entre as distâncias observadas em relação às residências e aos ambientes contruídos ($p > 0,05$).

Construção e desempenho de rede neural artificial (RNA)

Para construção da RNA foram incluídas 14 variáveis relacionadas ao sexo, composição corporal, estágio maturacional e ambientes construídos. Em seguida, estas

Tabela 3 – Valores absoluto e relativo das características de distância, localidade da residência dos adolescentes de acordo com o nível de atividade física.

	Nível de atividade física			p-valor
	n	Baixo (n = 170)	Moderado a vigoroso (n = 119)	
		%	%	
Sexo				
Masculino	153	66,9	33,1	<0,05
Feminino	136	51,6	48,4	
Zona de moradia				
Rural	40	55,0	44,0	0,597
Urbana	249	59,4	40,6	
Quantidade de buffers há 100 metros				
0	221	58,4	41,6	0,691
1	67	59,7	40,3	
2	1	100,0	0,0	
Quantidade de buffers há 200 metros				
0	139	58,3	41,7	0,983
1	76	59,2	40,8	
2	74	59,5	40,5	
Quantidade de buffers há 300 metros				
0	111	59,5	40,5	0,954
1	31	58,1	41,9	
2	78	56,4	43,6	
3	69	60,9	39,1	
Quantidade de buffers há 400 metros				
0	108	59,3	40,7	0,910
1	16	62,5	37,5	
2	86	55,8	44,2	
3	79	60,8	38,2	
Quantidade de buffers há 500 metros				
0	105	59,0	41,0	0,399
1	14	64,3	35,7	
2	8	62,5	37,5	
3	154	59,7	40,3	
4	8	25,0	75,0	
Distância para o ambiente construído				
100 metros	68	63,2	36,8	0,145
200 metros	82	67,1	32,9	
300 metros	27	63,0	37,0	
400 metros	3	66,7	33,3	
500 metros	3	66,7	33,3	
Acima dos 500 metros	106	48,1	51,9	

variáveis foram inseridas na RNA, que teve a função de estabelecer a relação destas variáveis com duas classes na camada de saída referentes aos grupos de adolescentes com baixo nível de AF e moderada/vigoroso, anteriormente descrito na Tabela 1.

O melhor modelo de previsão da RNA foi obtido

através da estrutura de 14 classes na camada de entrada, 7 classes de neurônios na camada oculta, para as 2 classes referentes a saída, para a previsão do nível de AF dos adolescentes (arquivo suplementar). A análise da curva ROC, indicou que a área sob a curva apresentou uma boa confiabilidade (0,72; $p < 0,05$) no modelo de classificação do nível de AF. A Tabela 4 mostra que para o grupo utilizado para o treinamento (aprendizagem) da rede, a previsão da acurácia do nível de AF foi de 60,1%, enquanto que os valores reais apresentaram prevalência de 68,4%. Além disso, o conjunto de treinamento apresentou sensibilidade de 70,5%, especificidade de 62,5% e acurácia de 67,9%. No grupo utilizado para o teste (validação) da rede, a previsão da estimativa do nível de AF foi de 55,2%, enquanto que os valores reais apresentaram prevalência de 70,5%, sensibilidade 65,0%, especificidade 68,0% e acurácia 65,8%. Esses resultados apontam que a RNA foi capaz de mostrar uma boa capacidade para simular ambas as saídas ao identificar diferenças nos níveis de AF, usando apenas variáveis associadas à composição corporal, ao estágio maturacional e ao ambiente construído.

Tabela 4 – Desempenho da rede neural.

Área sob a curva ROC	0,72
p-valor	<0,05
	%
Treinamento (n = 203)	
Sensibilidade	70,5
Especificidade	62,5
Prevalência real	68,4
Prevalência estimada	60,1
Acurácia	67,9
Teste (n = 85)	
Sensibilidade	65,0
Especificidade	68,0
Prevalência real	70,5
Prevalência estimada	55,2
Acurácia	65,8

A partir da análise da RNA a significância qualitativa (importância normalizada) das variáveis de entrada sobre os valores previstos de baixo nível de AF e moderado/vigoroso estão apresentadas na Tabela 5. Foi observado que a quantidade de *buffers* a 500 metros de distância para o ambiente construído e o sexo foram as variáveis que apresentaram maior contribuição relativa no nível de AF. Além disto, foi verificado que o sexo também apresentou contribuição relativa importante

sobre o nível de AF. Por outro lado, os indicadores da massa corporal e a zona de moradia (rural ou urbana) apresentaram menor importância relativa para o modelo.

Tabela 5 – Indicadores do nível de atividade física.

	Importância	Importância normalizada %
Quantidade de buffers 500 metros	0,116	100,0
Sexo	0,113	97,6
Distância para o ambiente construído	0,101	87,0
Quantidade de buffers 300 metros	0,097	83,5
Quantidade de buffers 200 metros	0,084	72,0
Massa gorda	0,068	58,4
Perímetro de cintura	0,066	56,6
Massa magra	0,066	56,5
Quantidade de buffers 400 metros	0,061	53,3
Índice de massa corporal	0,059	51,2
Offset maturacional	0,056	48,2
Quantidade de buffers 100 metros	0,043	37,4
Massa corporal	0,040	34,2
Zona de moradia	0,030	25,6

Discussão

No presente estudo, foi observado que a quantidade de *buffers* a 500 metros apresentou a maior contribuição do ambiente construído (100%) no nível de AF adolescentes, no contexto da Cidade de Lagoa Carro/Pernambuco. De acordo com estudos realizados acerca de ambientes construídos, existem múltiplas influências do ambiente físico na AF (ou seja; existência de praças, parques e quadras)⁵. No entanto, as evidências sobre a relação entre o ambiente construído e AF são menos consistentes entre adolescentes do que em adultos²⁴.

No entanto, em um estudo de revisão realizado por Brownson et al.²⁴, foi observado a existência de relações consistentes entre algumas características do ambiente construído (i.e., disponibilidade das instalações de recreação e uso misto do solo), e a AF dos adolescentes. Porém, associações inconsistentes com outras características do ambiente (i.e., conectividade de ruas e facilidades para caminhar).

No presente estudo, a RNA apresentou uma boa confiabilidade na categorização do nível de AF dos adolescentes, tanto para os considerados com níveis de AF moderado a vigoroso quanto os com baixo nível. De acordo, com a RNA, às variáveis quantidade de *buffers* a 500 metros (100%), sexo (97,6%) e a distância do am-

biente construído para o local de residência (87,0%), foram as três variáveis que apresentaram maior importância na categorização do nível de AF dos adolescentes.

Esse fato reforça a possibilidade de utilização das variáveis de entrada (quantidade de *buffers* a 500 metros e a distância para o ambiente construído) para categorização do nível de AF, caracterizando-se como um indicativo que pode auxiliar em planejamentos que visem aumentar o nível de AF de adolescentes, sendo essencial para o desenvolvimento de intervenções de saúde pública eficazes para produzir benefícios de saúde em longo prazo, mesmo em cidades de pequeno porte.

Ao se verificar a quantidade de *buffers* a 500 metros foi observado que, quanto mais *buffers* os adolescentes estão inseridos, os mesmos tendem a ser mais ativos, passando de 35,7% dos que residem dentro de 1 (um) *buffer* para 75,0% entre os que residem nos 4 (quatro) *buffers*. De acordo com Oreskovic et al.¹¹, quanto mais opções de espaços abertos (parques e praças) em um raio de 400 metros das residências dos adolescentes menor é a probabilidade de sobrepeso e obesidade. Do mesmo modo, os autores relatam que quanto maior a quantidade de *fast foods* no raio de 400 metros maior a probabilidade de sobrepeso e obesidade nos adolescentes residentes na região. Este fato tem em si um elevado potencial informativo, uma vez que, ao se pensar em planejamentos de cidades e bairros, as distâncias entre os locais de moradia e o ambiente construído precisam ser consideradas.

No presente estudo, foi claramente observado que considerando a distância da residência e o ambiente construído os adolescentes residentes a mais de 500 metros dos ambientes construídos são mais ativos que seus pares que residem mais próximos aos ambientes construídos. Neste contexto, Grieco et al.²⁵, destacam que pessoas residentes em locais mais afastados dos centros urbanos tendem a ter menor acesso aos transportes públicos, o que levam aos residentes destas regiões a se deslocarem por longas distâncias para utilizarem os transportes públicos ou centros urbanos, o que por consequência aumentam o uso dos transportes ativos como caminhada e bicicleta.

Além disto, sabe-se que a associação entre instalações recreativas e AFMV é consistente com estudos anteriores realizados entre adolescentes^{10, 26}. A associação positiva entre densidade residencial, facilidade para caminhar e AFMV vigorosa entre adolescentes também é consistente com estudos da Nova Zelândia²⁷ e EUA⁶. Quando examinadas as variáveis de menor importância, segundo a RNA, foi observado que zona de mora-

dia (25,6%), massa corporal (34,2%) e quantidade de *buffers* a 100 metros (37,4%) foram as variáveis que se destacaram. Embora estas variáveis expressem um menor poder explicativo, ao analisar a zona de moradia, observa-se que independente de ser residente em área urbana ou rural os adolescentes em sua maioria apresentam baixo nível de AF. Neste contexto, em um estudo realizado na Índia, os autores reportaram que 50,0% da população rural e 65,0% da população urbana foram classificados com baixo nível de AF, com uma predominância maior de crianças e adolescentes. Além disto, problemas de falta de AF e obesidade não são mais exclusivos de pessoas residentes em zonas urbanas, o que é justificado muitas vezes pela geografia e infraestruturas inadequadas nas zonas rurais. Assim, neste estudo, é possível que a própria extensão territorial de cidade seja considerada um viés de informação, uma vez que à medida que o *buffer* é ampliado a possibilidade de junção entre as zonas urbana e rural se torna evidente, principalmente por ser uma cidade de pequeno porte^{28,29}.

A RNA indica que a quantidade de *buffers* a 100 metros não desempenha um papel importante no nível de AF dos adolescentes. Esse achado pode ser explicado, ao menos em parte, que além de morar perto dos ambientes construídos, a estética e qualidade das instalações esportivas influenciam na prática de AF. Neste contexto, características como: atributos ambientais, acessibilidade aos parques e níveis de segurança são fatores que apresentam associação e alta prevalência com a prática de AF nos ambientes construídos³⁰. Além disto, deve-se considerar as características da cidade estudada, na distância de 100 metros, cerca de 76,4% (221 adolescentes) da amostra não apresenta nenhum ambiente construído, fato este que pode diminuir a importância desta distância em favorecer no nível de AF dos adolescentes.

Este estudo apresenta limitações que necessitam ser consideradas na interpretação dos resultados: a) A amostra do estudo não é representativa, para além dos adolescentes da cidade de Lagoa do Carro/Pernambuco, Brasil, deste modo, não há possibilidade de extrapolação dos resultados, uma vez que o estudo não foi desenhado para representar toda a população brasileira e; b) A AF foi estimada por meio de questionário, que apresenta limitações conhecidas principalmente em idade mais jovens. Aspectos financeiros e logísticos limitaram nossa escolha a um questionário. Apesar destas limitações, este estudo tem pontos fortes. Primeiramente, utilizamos métodos consistentes e realizamos o controle de qualidade da coleta de dados na avaliação.

Além disso, o uso do modelo de RNA foi eficiente para identificar os classificadores do nível de AF em adolescentes de uma cidade pobre e de pequeno porte da região Nordeste do Brasil.

Por fim, os principais determinantes do nível de AF de adolescentes residentes na cidade de Lagoa do Carro/Pernambuco, foram a quantidade de *buffers* a 500 metros, o sexo e a distância para o ambiente construído. Em contrapartida, as variáveis, zona de moradia, massa corporal e quantidades de *buffers* a 100 metros foram as que apresentaram um menor poder de influência. Essas descobertas implicam que intervenções em vários níveis que visam tanto o ambiente construído quanto o apoio social podem ser necessárias para favorecer comportamentos ativos entre adolescentes fora da escola horas, mesmo em cidades de pequeno porte.

Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da *Agnes Scott College* (GA, GA, US) – *United States of America (USA)* - GRANT_NUMBER: 180819.

Contribuição dos autores

Correia Júnior MGA: Conceitualização; Metodologia; Análise de dados; Pesquisa; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Prazeres TMP: Desenvolvimento, implementação e teste de software; Disponibilização de ferramentas; Curadoria de dados; Supervisão; Administração do projeto; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Henrique RS: Desenvolvimento, implementação e teste de software; Validação de dados e experimentos; Disponibilização de ferramentas; Curadoria de dados; Supervisão; Administração do projeto; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Alarcon J: Pesquisa; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Nobre IG: Análise de dados; Pesquisa; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Pinto BCP: Metodologia; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Análise de dados; Pesquisa; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Arruda GA: Metodologia; Análise de dados; Design da apresentação de dados; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito.

Maia DEF: Pesquisa; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Sá LACM: Metodologia; Desenvolvimento, implementação e teste de software; Análise de dados; Pesquisa; Disponibilização de ferramentas; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito. Santos MAM: Conceitualização; Metodologia; Validação de dados e experimentos; Disponibilização de ferramentas; Supervisão; Design da apresentação de dados; Recebimento de financiamento; Redação do manuscrito original; Redação - revisão e edição; Aprovação da versão final do manuscrito.

Declaração quanto ao uso de ferramentas de inteligência artificial no processo de escrita do artigo

O manuscrito não utilizou de ferramentas de inteligência artificial para a sua elaboração.

Disponibilidade de dados de pesquisa e outros materiais

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Agradecimentos

Agradecemos a todos os adolescentes e suas famílias por participarem deste estudo. Os autores afirmam que não tem interesses que possam ser percebidos como conflitantes ou tendenciosos.

Referências

1. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, maturation, and physical activity: Human kinetics; 2004.
2. Collishaw S, Maughan B, Goodman R, Pickles A. Time trends in adolescent mental health. *J Child Psychol Psychiatry*. 2004;45(8):1350-62. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.2004.00842.x>.
3. Aneshensel CS, Sucoff CA. The neighborhood context of adolescent mental health. *J Health Soc Behav*. 1996;37(4):293-310.
4. Gustafsson PE, Bozorgmehr K, Hammarström A, San Sebastian M. What role does adolescent neighborhood play for adult health? A cross-classified multilevel analysis of life course models in Northern Sweden. *Health Place*. 2017;46:137-44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2017.04.013>.
5. Sallis JF, Cervero RB, Ascher W, Henderson KA, Kraft MK, Kerr J. An ecological approach to creating active living communities. *Annu Rev Public Health*. 2006;27:297-322. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.27.021405.102100>.
6. Carlson JA, Saelens BE, Kerr J, Schipperijn J, Conway TL, Frank LD, et al. Association between neighborhood walkability and GPS-measured walking, bicycling and vehicle time in adolescents. *Health Place*. 2015;32:1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.12.008>.

7. Hallal PC, Reis RS, Parra DC, Hoehner C, Brownson RC, Simões EJ. Association between perceived environmental attributes and physical activity among adults in Recife, Brazil. *J Phys Act Health*. 2010;7(Suppl 2):S213-S22. doi: <https://doi.org/10.1123/jpah.7.s2.s213>.
8. Audrey S, Batista-Ferrer H. Healthy urban environments for children and young people: a systematic review of intervention studies. *Health Place*. 2015;36:97-117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2015.09.004>.
9. Knuth AG, Hallal P. School environment and physical activity in children and adolescents: systematic review. *Rev Bras Ativ Fis Saúde*. 2012;17(6):463-73.
10. Sallis JF, Conway TL, Cain KL, Carlson JA, Frank LD, Kerr J, et al. Neighborhood built environment and socioeconomic status in relation to physical activity, sedentary behavior, and weight status of adolescents. *Prev Med*. 2018;110:47-54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2018.02.009>.
11. Oreskovic NM, Perrin JM, Robinson AI, Locascio JJ, Blossom J, Chen ML, et al. Adolescents' use of the built environment for physical activity. *BMC Public Health*. 2015;15:1-9. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-015-1596-6>.
12. Duncan MJ, Badland HM, Mummery WK. Applying GPS to enhance understanding of transport-related physical activity. *J Sci Med Sport*. 2009;12(5):549-56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.10.010>.
13. Beheshti R, Jalalpour M, Glass TA. Comparing methods of targeting obesity interventions in populations: an agent-based simulation. *SSM Popul Health*. 2017;3:211-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2017.01.006>.
14. DeGregory K, Kuiper P, DeSilvio T, Pleuss J, Miller R, Roginski J, et al. A review of machine learning in obesity. *Obes Rev*. 2018;19(5):668-85. doi: <https://doi.org/10.1111/obr.12667>.
15. IBGE. Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1 de julho de 2017. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. [2018 Agosto].
16. Rao DC. Genetic dissection of complex traits: An overview. *Adv Genet*. 2001;42:13-34. doi: [https://doi.org/10.1016/s0065-2660\(01\)42012-8](https://doi.org/10.1016/s0065-2660(01)42012-8).
17. Lohman TG, Going SB. Body composition assessment for development of an international growth standard for preadolescent and adolescent children. *Food Nutr Bull*. 2006;27(4 Suppl Growth Standard):S314-S25. doi: <https://doi.org/10.1177/15648265060274S512>.
18. World Health Organization (WHO). WHO AnthroPlus for personal computers Manual: Software for assessing growth of the world's children and adolescents. Geneva: WHO, 2009.
19. Callaway C. New weight guidelines for Americans. *Am J Clin Nutr*. 1991;54(1):171-4. doi: <https://doi.org/10.1093/ajcn/54.1.171>.
20. Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*. 2002;34(4):689-94. doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>.
21. Frank LD, Fox EH, Ulmer JM, Chapman JE, Kershaw SE, Sallis JF, et al. International comparison of observation-specific spatial buffers: maximizing the ability to estimate physical activity. *Int J Health Geogr*. 2017;16(1):4. doi: <https://doi.org/10.1186/s12942-017-0077-9>.
22. Guedes DP, Guedes JERP. Measuring Physical Activity In Brazilian Youth: Reproducibility And Validity Of The Paq-C And Paq-A. *Rev Bras Med Esporte*. 2015;21(6):425-32. doi: <https://doi.org/10.1590/1517-869220152106147594>.
23. Benítez-Porres J, Alvero-Cruz JR, Sardinha LB, López-Fernández I, Carnero EA. Cut-off values for classifying active children and adolescents using the Physical Activity Questionnaire: PAQ-C and PAQ-A. *Nutr Hosp*. 2016;33(5):564. doi: <https://doi.org/10.20960/nh.564>.
24. Brownson RC, Hoehner CM, Day K, Forsyth A, Sallis JF. Measuring the built environment for physical activity: state of the science. *Am J Prev Med*. 2009;36(4):S99-123. e12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.01.005>.
25. Grieco EP, Portugal LdS, Alves RM. Aplicação de um índice do ambiente construído para avaliação da mobilidade sustentável. *Ambient Const*. 2016;16(4):215-25. doi: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000400115>.
26. Cohen DA, Han B, Kraus L, Young DR. The contribution of the built environment to physical activity among young women. *Environ Behav* 2019;51(7):811-27. doi: <https://doi.org/10.1177/001391651775303>.
27. Hinckson E, Cerin E, Mavoa S, Smith M, Badland H, Stewart T, et al. Associations of the perceived and objective neighborhood environment with physical activity and sedentary time in New Zealand adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2017;14(1):1-15. doi: <https://doi.org/10.1186/s12966-017-0597-5>.
28. Peters P, Gold A, Abbott A, Contreras D, Keim A, Oscarson R, et al. A quasi-experimental study to mobilize rural low-income communities to assess and improve the ecological environment to prevent childhood obesity. *BMC Public Health*. 2016;16(1):1-7. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3047-4>.
29. Virginia-Añez E, Fornieles-Deu A, Sánchez-Carracedo D. Longitudinal study of physical activity in Spanish young adolescents: weight status and gender differences. *Rev Psicol Deport*. 2020;29(1):57-66.
30. Bird M, Datta GD, van Hulst A, Cloutier M-S, Henderson M, Barnett TA. A park typology in the QUALITY cohort: Implications for physical activity and truncal fat among youth at risk of obesity. *Prev Med*. 2016;90:133-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.06.042>.

Recebido: 09/02/2024

Aprovado: 28/06/2024

Editor AssociadoJúlio Brugnara Mello 
Pontificia Universidad Católica
de Valparaíso, Valparaíso, Chile.**Como citar este artigo:**

Correia Júnior MGA, Prazeres TMP, Henrique RS, Alarcon J, Nobre IG, Pinto BCP, Arruda GA, Maia DEF, Sá LACM, Santos MAM. Ambiente construído e atividade física de adolescentes: Uma abordagem com redes neurais artificiais. *Rev. Bras. Ativ. Fis. Saúde*. 2024;29:e0346. doi: 10.12820/rbafs.29e0346

Material Suplementar

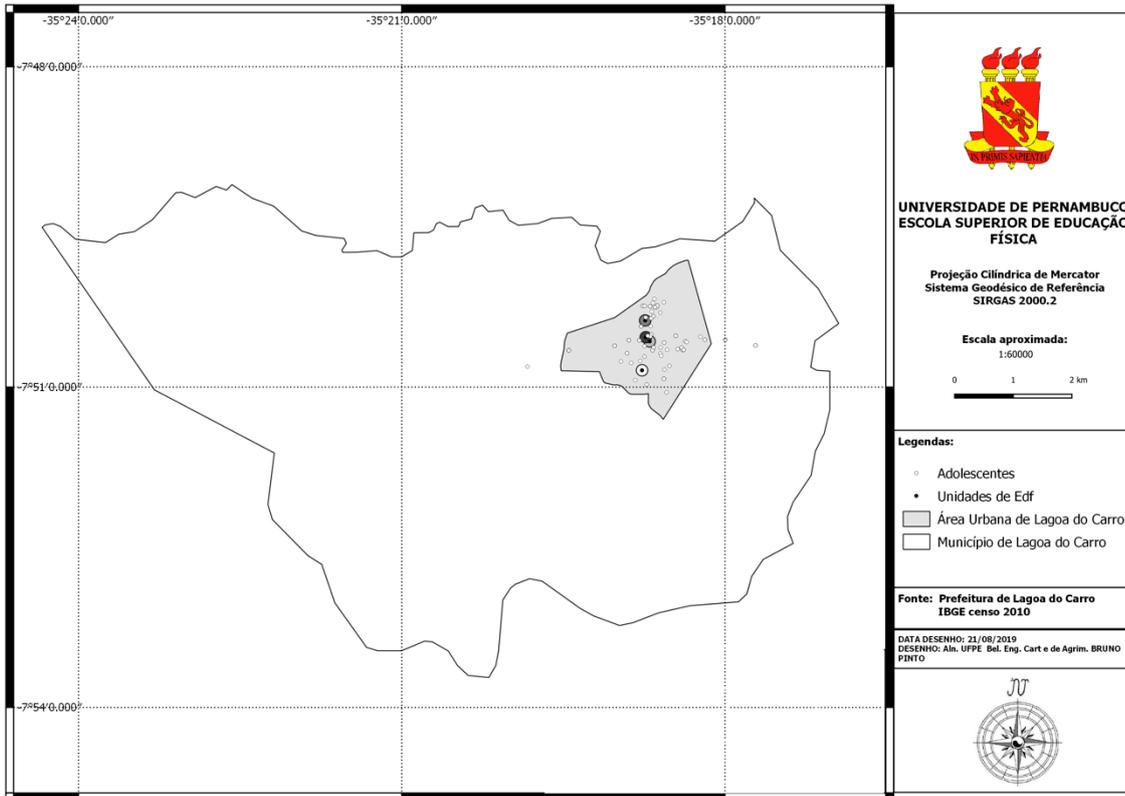


Figura 1 – Buffers de 100 metros.

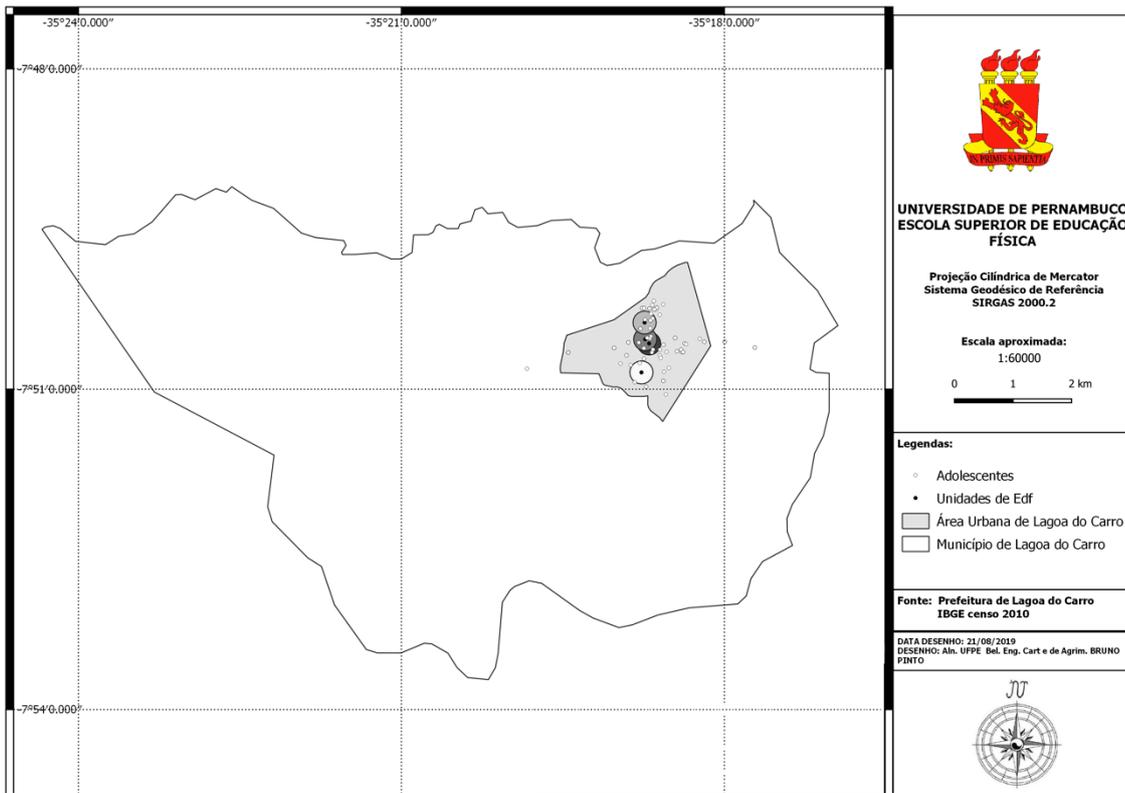


Figura 2 – Buffers de 200 metros.

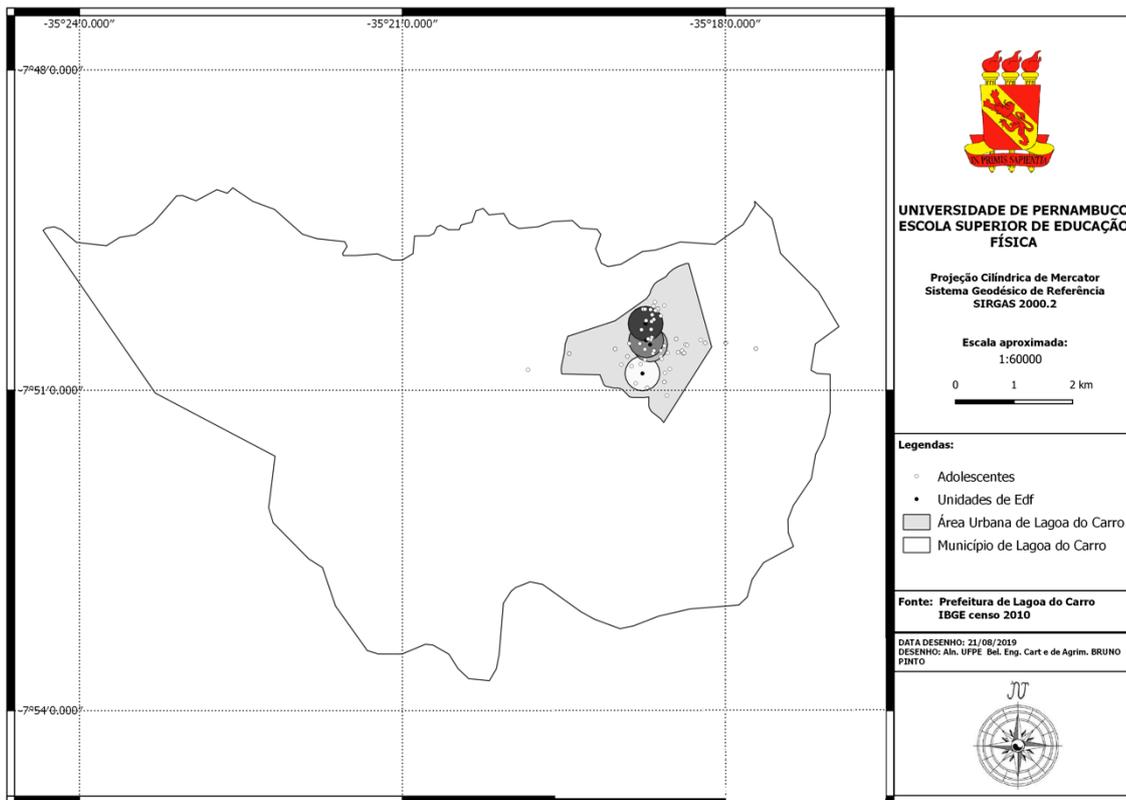


Figura 3 – Buffers de 300 metros.

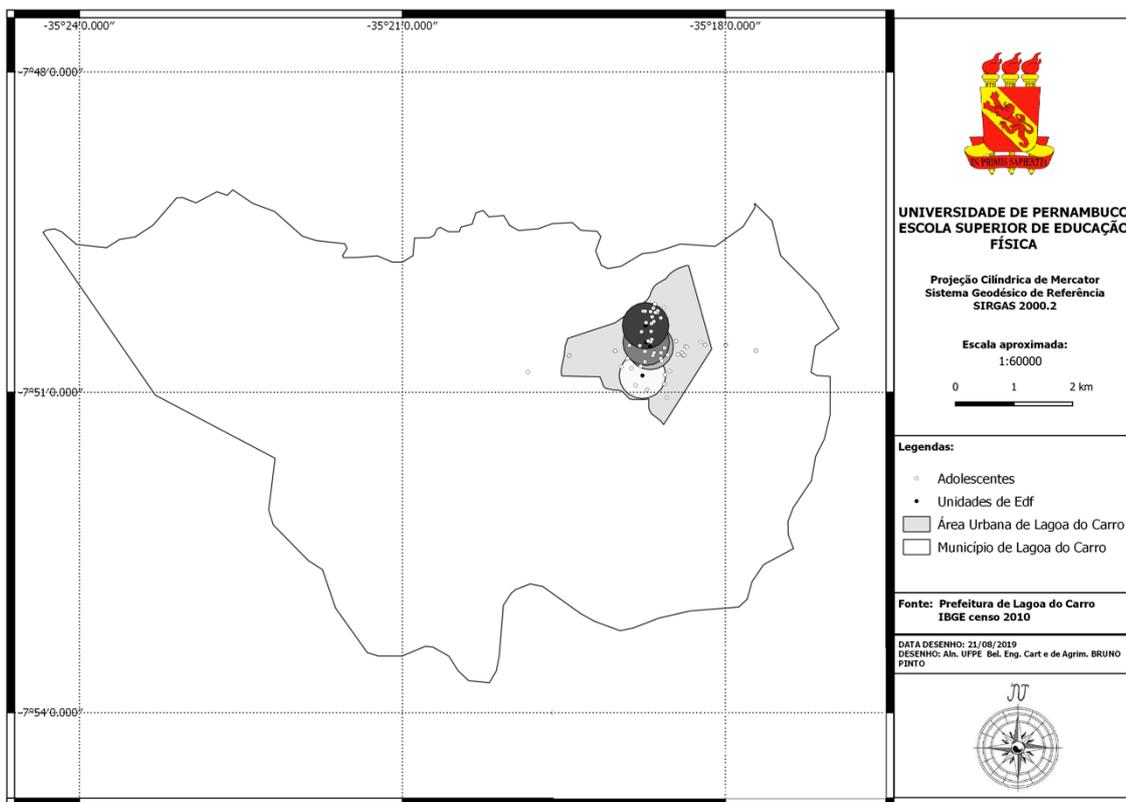


Figura 4 – Buffers de 400 metros.

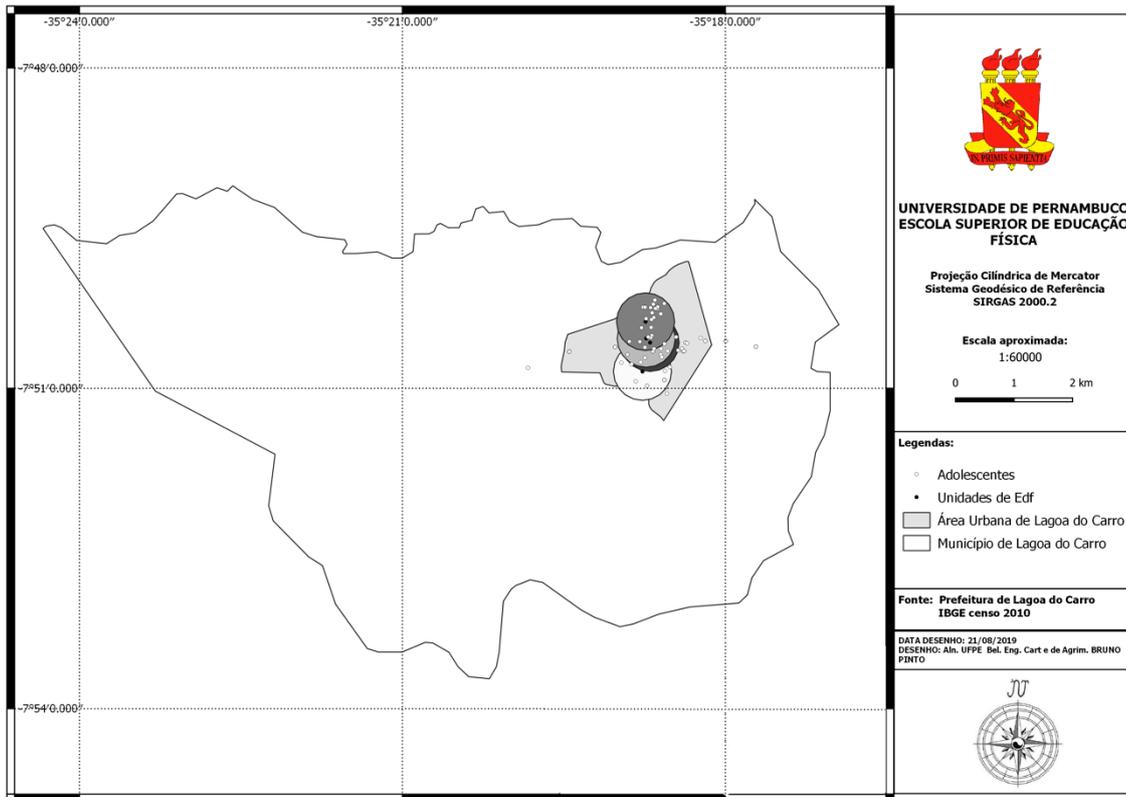


Figura 5 – Buffers de 500 metros.