

DINÂMICA TEMPORAL DA VEGETAÇÃO URBANA COM APLICAÇÃO DE NDVI NO MUNICÍPIO DE BELO HORIZONTE - MINAS GERAIS

Bárbara Rodrigues dos Santos Paes¹
Ricardo Alexandrino Garcia²

Resumo: A perda de vegetação natural está entre uma das principais consequências do crescimento do tecido urbano e do processo de metropolização de Belo Horizonte. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo estimar, a partir do índice NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada) a densidade da cobertura vegetal do município de Belo Horizonte, entre os anos de 1984 e 2021, a fim de avaliar a dinâmica da cobertura vegetal no processo de urbanização da cidade. Os resultados demonstram que houve significativa perda da cobertura vegetal em todo o município, com forte correlação negativa e as áreas verdes protegidas exercem papel fundamental na manutenção da vegetação ao longo do período analisado, pois concentram a maior parte da cobertura vegetal remanescente. A densidade da vegetação nas áreas protegidas aumentou ao longo do período analisado, indicando um possível processo de regeneração dos fragmentos de vegetação inseridos nesses espaços.

Palavras-chave: NDVI; vegetação urbana; série histórica.

TEMPORAL DYNAMICS OF URBAN VEGETATION WITH APPLICATION OF NDVI IN BELO HORIZONTE CITY- MINAS GERAIS

Abstract: The loss of natural vegetation is among one of the main consequences of the expansion of urban areas and the process of urbanization in Belo Horizonte. In this regard, this article aims to estimate, based on the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) index, the density of vegetation cover in the city of Belo Horizonte, between the years 1984 and 2021, in order to evaluate the dynamics of vegetation cover in the urbanization process of the city. The results demonstrate that there was a significant loss of vegetation cover throughout the city's territory, with a strong negative correlation. Furthermore, it shows that the protected green areas play a fundamental role in the maintenance of vegetation throughout the analyzed period, as they concentrate most of the remaining vegetation cover. The vegetation density in the protected areas increased over the analyzed period, indicating a possible process of regeneration of the vegetation fragments located in these areas.

Keywords: NDVI; urban vegetation; time series.

¹ Mestranda em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Email: barbararodrigues.paes@gmail.com

² Professor Associado do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Email: alexandrinogarcia@gmail.com

INTRODUÇÃO

A dinâmica contemporânea da organização do espaço social, pode ser analisada a partir de uma ideia de urbanização extensiva, a qual se estende para além das cidades em redes que penetram todos os espaços regionais e representa a forma socioespacial dominante, que marca a sociedade contemporânea em suas diversas manifestações (MONTE-MÓR, 1994).

A “zona urbana”, denominada por Lefebvre (1968), vai além da parte construída das cidades, é também um conjunto de manifestações de relações socioespaciais, por toda sua região de influência, a expressão espacial da globalização como uma urbanização planetária.

A dinâmica de urbanização extensiva provoca a ruptura da cidade em duas partes que se relacionam: o centro/núcleo urbano e o tecido urbano, o qual se estende à região resultante da explosão da cidade preexistente (MONTE-MÓR, 1994) ou que se limita “à natureza” ou ao campo (LEFEBVRE, 1968), um fenômeno refletido pela concentração demográfica nas cidades e na disseminação socioespacial da “sociedade urbana” para além dos limites politicamente determinados das cidades construídas (LEFEBVRE, 2003).

Há uma tendência, cada vez mais frequente, de expansão fragmentada do tecido urbano e para a demarcação de espaços excludentes e homogêneos, tanto por características socioeconômicas e ocupacionais da população, como da paisagem urbanística (COSTA, 2006).

A partir da criação de novos assentamentos urbanos próximos às cidades ou a vias de comunicação, cria-se, um tipo de cidade, com uma morfologia difusa, seletiva, dispersa e fragmentada e conforme apontado por Gonçalves (1995), de caráter concentrador e excludente da organização social, característica da organização do espaço geográfico do capitalismo urbano-industrial.

Esse espraiamento urbano que resulta usualmente em baixas densidades (SIQUEIRA, 2018), se deu junto à ideia de natureza como algo não social, onde qualquer atividade humana é um polo contraditório ao natural, separada, isolada e desconectada do ritmo dos ciclos de regeneração natural (SWYNGEDOUW, 2001). Os espaços naturais, muitas vezes, também são considerados entraves da produção capitalista e todos esses fatores podem ser considerados como uma das principais condições de precariedade de problemas urbanos-ambientais.

Esse processo leva à discussão dos conflitos que surgem da dicotomia entre natural e construído e da própria relação entre dinâmica urbana e processos naturais. De forma mais ampla, o tema envolve os próprios rumos da sociedade urbano-industrial e o risco à uma homogeneização do espaço, a partir de uma diminuição significativa da quantidade, qualidade e área dos espaços abrangidos por áreas verdes, em uma “perspectiva pessimista” (EUCLYDES, 2016).

As “contradições da sociedade urbano-industrial capitalista” são destacadas por Laschefski (2013), e nesse sentido, pode-se apontar a vegetação natural, como um dos componentes ambientais mais impactados por essa lógica, incluindo a perda da cobertura e a alteração da estrutura e composição florística, isoladas em fragmentos na malha urbana.

Essa perda de espaços vegetados, facilita a propagação de espécies exóticas e conforme apontado por McKinney (2001), o aumento de espécies não nativas em muitos lugares, dificulta o fluxo de indivíduos e propágulos de táxons nativos, refletindo na diminuição da complexidade biológica regional, assim como no isolamento dos remanescentes e perda da biodiversidade.

Czech, Krausman e Devers (2000) acrescentam, que a urbanização é uma das principais causas da associação entre a perda de vegetação e a prevalência de espécies exóticas, causando, portanto, a extinção de espécies da flora nativa.

A diminuição da vegetação é refletida também na qualidade de vida urbana, devido às funções sociais e ecológicas que a cobertura vegetal pode proporcionar. A vegetação tende a melhorar os aspectos paisagísticos das cidades e a minimizar fatores como ruídos e variações climáticas locais, melhorando o conforto térmico, a qualidade do ar, a permeabilidade do solo, o controle de processos erosivos, entre outros aspectos (SENA, et al, 2018).

As perdas de cobertura vegetal ao longo dos anos são relacionadas a diversos problemas e riscos ambientais, como exemplo, pode-se citar as tendências de mudanças das variáveis climáticas, como o aumento da temperatura mínima, a elevação da temperatura média e o aumento significativo do albedo da superfície (RODRIGUES *et al*, 2013).

Nesse sentido, Moreira (2018) comprovou a existência de relações entre aspectos de saúde da população com a presença de florestas no entorno de onde vivem, sobretudo de áreas protegidas, como parques urbanos, mostrando que maiores valores dos indicadores de ansiedade, depressão, enxaqueca e hipertensão, estão associados à falta de vegetação. Essas ocorrências demonstram como a vegetação no contexto urbano, possuem funções ecológicas para além da biodiversidade.

Belo Horizonte apresenta taxas de expansão horizontal espacial superiores ao crescimento populacional (UN HABITAT, 2012) e Souza (2008), destaca que este processo, entre outros fatores, proporcionou a configuração da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), com a incorporação de municípios, que passaram a sofrer influência direta da capital.

Atualmente, Belo Horizonte possui uma população de 2.530.701 habitantes e densidade demográfica de 7.167 hab./km² (IBGE, população estimada 2021).

Além do contexto da urbanização, o município apresenta peculiaridades naturais e sociais que proporcionam uma favorável análise ao estudo da vegetação urbana. Algumas das características sociais, dizem respeito à um padrão de urbanização caracterizado pela desigualdade que se manifesta nas múltiplas formas de segregação socioespacial e informalidade/ilegalidade urbana (COSTA, 2006).

No contexto natural, há distintas unidades geológico-geomorfológicas, destacadas por Magalhães Júnior e Saadi (1994), em que na porção sudeste do município, há a imponente escarpa da Serra do Curral que compreende a borda norte do Quadrilátero Ferrífero e é modelada nas resistentes rochas do Supergrupo Minas (quartzitos e itabiritos). No restante do município, o relevo mais suavizado de morros e colinas, reflete o substrato mais friável de rochas cristalinas intemperizadas do Complexo Belo Horizonte (granitos, gnaisses e migmatitos).

A vegetação, adaptada a estas condições geológicas e morfológicas, apresenta características de tipologias de transição entre os biomas da Mata Atlântica e Cerrado, apresentando também áreas de campo rupestre remanescente nas zonas serranas (BRANDÃO, 1992 *apud* LOPES, 2019). As formações florestais são compostas por Floresta Estacional Semidecidual Montana – FESM (CARVALHO, Inventário Florestal de Minas Gerais, 2008) e florestas de galeria.

A cidade de Belo Horizonte ainda se destaca por ser considerada uma das oito “mega-cities” da América Latina e Caribe, junto a Buenos Aires, México, Rio de Janeiro, São Paulo, Bogotá, Lima e Santiago, não só pelo tamanho da população,

mas também pela influência econômica, social, política e cultural (UN HABITAT, 2012).

Esse reconhecimento corrobora o fato de as metrópoles não serem categorias urbanas simplesmente maiores do que as cidades, em termos de dimensões, mas também por sua complexidade advinda de transformações sociais que se refletem no espaço (SANTOS, 1990).

A partir desse contexto, este artigo objetiva estimar, a partir de técnicas de sensoriamento remoto, o Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI) da cobertura vegetal do município de Belo Horizonte, por meio de análise multitemporal entre os anos de 1984 a 2021. O trabalho busca, desta forma, avaliar a tendência geral da dinâmica da cobertura vegetal no processo de urbanização da cidade e compreender como ocorreram as pressões antrópicas neste processo.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Conhecimentos sobre variações de espécies e dos padrões de distribuição das comunidades vegetais, alterações dos ciclos fenológicos e, modificações na fisiologia e morfologia da planta, fornecem importantes informações sobre a cobertura vegetal de uma determinada área e há expressivos esforços para o desenvolvimento de sensores e algoritmos de processamento visual e digital de imagens, para extrair informações biofísicas da vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto (JENSEN, 2009).

Neste sentido, os procedimentos deste trabalho partem do princípio de que é possível ponderar características de pigmentação das plantas a partir da quantidade de energia absorvida nas respectivas bandas de radiações eletromagnéticas pela clorofila. Há relação direta entre resposta no infravermelho próximo e variáveis relacionadas com biomassa, e também uma relação inversa com o vermelho visível.

À medida que um dossel vegetal se desenvolve, a sua reflectância vai aumentando no infravermelho próximo, enquanto a vegetação vai absorvendo cada vez mais no vermelho em função do aumento na fotossíntese. Esse tipo de comportamento para a reflectância no vermelho e no infravermelho próximo, em relação ao desenvolvimento dos dosséis vegetais, levou ao desenvolvimento de diversos índices de vegetação e de técnicas de estimação de biomassa e porcentagem de cobertura do solo (JENSEN, 2009).

Essa relação entre as bandas de absorção pela clorofila das plantas, embasou a proposição do Normalized Difference Vegetation Index – NDVI (Índice de Vegetação com Diferença Normalizada), que se baseia na assinatura espectral do comportamento dos alvos de vegetação, com respostas relacionadas à fotossíntese e absorção de radiação solar na região do vermelho (SENA, *et al*, 2018).

O NDVI é amplamente adotado e aplicado nas pesquisas voltadas à análise da cobertura vegetal e tem como finalidade distinguir a vegetação verde, a partir do seu brilho, mantendo a capacidade de minimizar os efeitos topográficos enquanto produz uma escala de medição linear (JENSEN, 2009). O Índice é realizado a partir de aritmética de canais espectrais dos sensores de satélite, a partir da seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR-Red}{NIR+Red}$$

Onde, NIR é a banda do infravermelho próximo e Red banda do vermelho visível.

O cálculo é realizado em cada pixel, resultando em valores que variam entre -1 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior é a atividade vegetativa no local representado pelo pixel. Valores negativos ou próximos de 0 indicam áreas de corpos d'água, edificações, solo exposto ou outras superfícies onde há pouca ou nenhuma atividade da clorofila.

Uma das principais desvantagens da utilização do NDVI, é a dificuldade em mensurar a estrutura da vegetação, bem como seu desenvolvimento e produtividade, não sendo eficaz, portanto, de indicar a qualidade da vegetação identificada (MYNENI et al, 1995; POVH et al, 2008)

Para este estudo, o NDVI foi obtido através da plataforma *Google Earth Engine* (GEE), que disponibiliza uma biblioteca consolidada de dados globais de satélites. O sistema tem a vantagem de computação dos dados em nuvem, visto que a identificação sistemática e contínua da cobertura vegetal, seja em escala global ou regional, exige grande capacidade de armazenamento e processamento. Além disso, a integração de dados de séries temporais de sensoriamento remoto gerenciado do GEE, minimiza um dos maiores problemas inerentes ao uso e mapeamento da cobertura espacial, a existência de nuvens nas épocas mais propícias de se extrair informações biofísicas da vegetação.

No clima tropical fortemente sazonal de Belo Horizonte, o período de maior crescimento e vigor da vegetação está associado à estação quente e chuvosa (verão-primavera), coincidindo, portanto, com a época de maior nebulosidade. Nesse sentido, conforme Diniz *et al.* (2019), a plataforma GEE fornece recursos de filtragem e classificação rápidos, o que facilita a pesquisa de uma gama de imagens e pixels individuais para selecionar dados que atendam a critérios específicos espaciais, temporais ou espectrais, dentre outros.

Foi considerado um intervalo de tempo de 37 anos, abrangendo imagens dos satélites Landsat no período de 1984 a 2021. Foram utilizadas imagens do Landsat 5 até o ano de 2011 e do Landsat 8 a partir do ano de 2013, para os anos que não foi possível adquirir boas imagens, sem cobertura de nuvens, foi realizado a média móvel, entre o ano anterior e o posterior com coleta de dados.

Todos os dados raster, e seus subprodutos, foram derivados do Levantamento Geológico dos Estados Unidos (USGS), "Landsat Collection 1 Tier 1 Top of Atmosphere (TOA)", incluindo dados do Nível 1 de precisão do terreno (L1TP) que possuem correção geométrica, radiométrica e atmosférica.

A programação foi realizada na linguagem *JavaScript*, a partir da plataforma de programação e processamento em nuvem do GEE, denominada *Code Editor*.

Os tratamentos das imagens Landsat foram baseados em Diniz *et al.* (2019). Para cada ano nos dados Landsat TOA, foram aplicados filtros para respostas livres de nuvens, entre 1 de novembro e 31 de maio de um ano para outro, abrangendo, portanto, o período chuvoso e o início do período seco. Este período foi selecionado para coincidir com a época do ano que apresenta maior atividade da vegetação verde, de forma a evitar a influência da vegetação semidecídua no auge da estação seca.

O *script* de remoção de nuvem/sombra aproveita a banda de avaliação de qualidade (BQA) e o redutor médio de GEE, podendo fazer com que, quando usados, os valores de controle de qualidade melhorem a integridade dos dados, indicando os pixels que podem ser afetados pela resposta de nuvens (DINIZ *et al.*, 2019). Em conjunto, utilizou-se a instrução do GEE para escolher a mediana em uma pilha de imagens; esse mecanismo rejeita valores que são muito brilhantes (por exemplo, nuvens) ou muito escuros (por exemplo, sombras) e escolhe o valor de pixel mediano em cada banda ao longo do período do tempo determinado (DINIZ *et al.*, 2019).

Posteriormente aos mosaicos anuais, aplicou-se a fórmula para resposta espectral do NDVI. Então, foram exportadas as imagens para o software GIS³ para ajuste de limite municipal⁴ e elaboração das estatísticas da média e mediana dos valores obtidos, bem como a elaboração de mapas temáticos.

Para a análise da correlação do NDVI ao longo dos anos, a análise de tendência se deu por meio da aplicação do modelo de regressão polinomial quadrático ($y=\beta_0+\beta_1x_1+\beta_2x_2$), onde o NDVI é a variável dependente (Y) e os anos do estudo, como a variável independente (X).

Conforme Latorre e Cardoso (2001), série temporal ou série histórica é uma sequência de dados obtidos em intervalos regulares de tempo durante um período específico e muito comum quando se pretende analisar o comportamento de algum fenômeno ao longo do tempo, onde uma análise pontual não fornece informações suficientes para avaliar um determinado fenômeno e, conforme complementa Chaves, Mataveli e Justino (2014), imagens multitemporais proporcionam mais informações sobre a vegetação e o seu grau de desenvolvimento.

Para a análise de séries temporais, infere-se que há um sistema causal, mais ou menos constante, relacionado com o tempo, que influencia os dados e pode ser projetado, dessa forma, criando-se padrões não-aleatórios que podem ser detectados em análises estatísticas (CHAVES, MATAVELI e JUSTINO, 2014).

Uma série temporal pode ser descrita como o somatório de três componentes não observáveis:

$$Z = T_t + S_t + a_t$$

Onde, Z é a série temporal considerando $t=1,2,3\dots n$; T_t é o componente tendência, que refere-se ao aumento ou redução gradual das observações ao longo de um período; S_t é o componente sazonal, que mostra as flutuações ocorridas em subperíodos e; a_t é o componente aleatório, que representa oscilações irregulares causadas por fenômenos aleatórios (MORETTIN e TOLOI, 2006).

No contexto da análise de séries temporais, a abordagem estatística que melhor permite sua modelagem é o modelo de regressão polinomial, um dos métodos mais utilizados neste tipo de análise e possui como vantagem a estimação da tendência com grande poder estatístico, fácil elaboração e interpretação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos últimos 37 anos a cobertura vegetal de Belo Horizonte apresentou uma elevada dinâmica de transformação.

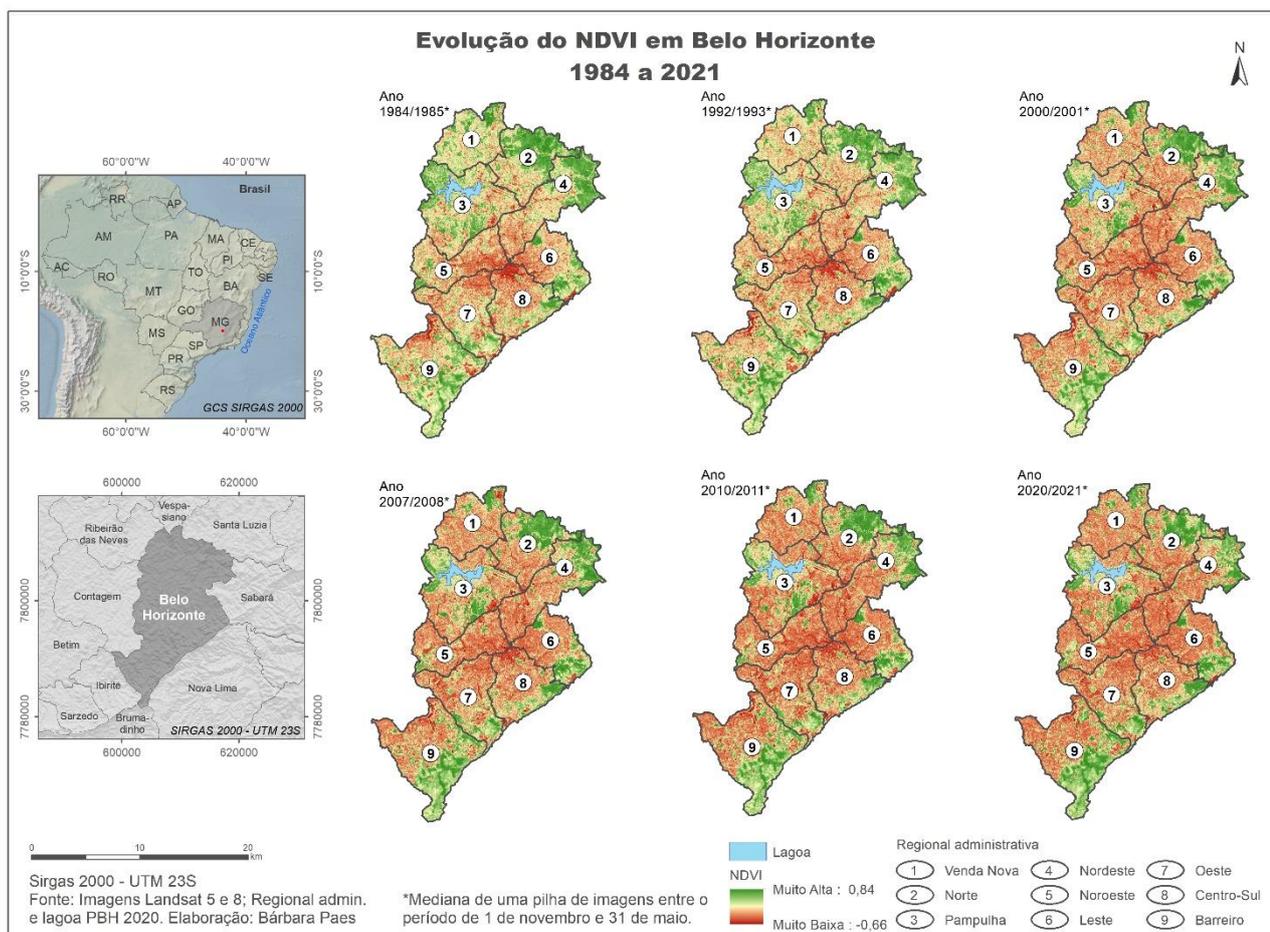
De acordo com a análise das imagens, foi possível constatar que os valores do NDVI mais próximos de 1, que correspondem a uma vegetação mais densa, estão concentrados na zona periurbana. Esses valores ocorrem, sobretudo, nas porções sul/sudeste e nordeste do município, envolvendo as regionais administrativas do Barreiro (9), Centro-Sul (8), Leste (6), Nordeste (4) e Norte (2).

A evolução do NDVI pode ser observada no Mapa 1.

³ ArcGIS 10.8 e QGIS 3.18

⁴ Limite oficial da Fundação João Pinheiro, 2020 para todos os anos de análise, independente das possíveis alterações políticas ao longo do período.

Mapa 1. Evolução do NDVI em Belo Horizonte - 1984 a 2021



Fonte: imagens Landsat 5 e Landsat 8.

É possível observar nos anos de 1984/1985, ainda, o destaque da expressiva concentração de edificações na porção central do município, na regional Centro-Sul (8). Parte dessa área mais adensada, corresponde ao traçado da cidade planejada, que embasou a mudança da Capital do Estado, de Ouro Preto para a nova centralidade, no ano de 1897.

Em meados da década de 1980, representado no início do levantamento do NDVI neste estudo, demonstra que a vegetação já se encontra bastante reduzida após um longo período de expansão do processo de urbanização da capital, que ocorreu, sobretudo, entre as décadas de 1930 a 1950 (SOUZA, 2008). Contudo, os valores de NDVI se configuram como médios, refletindo uma vegetação menos densa, mas ainda significativa.

As áreas construídas foram se expandindo ao longo dos anos em detrimento de áreas vegetadas. Sobre esse processo de expansão urbana, a especulação imobiliária contribuiu para intensificar o processo de ocupação das periferias da capital, devido à elevação excessiva do preço dos lotes na região central (SOUZA, 2008), esse processo ainda teve como consequência, uma fragmentação do espaço no nível local em lotes ou parcelas de propriedade privada, os quais são negociados com base nas regras da renda fundiária e da especulação imobiliária (LASCHEFSKI e COSTA, 2008).

Desta forma, a área central com melhor infraestrutura, passou a ser inacessível à maioria da população. A partir disso, gradualmente foram intensificados investimentos públicos no sistema municipal de transportes, com o objetivo de facilitar a mobilidade pendular da população das áreas suburbanas para a área central e vice-versa, facilitando a dispersão da ocupação pelo território (SOUZA, 2008).

A periferia cresceu rapidamente de modo espacialmente disperso e com poucas exigências urbanísticas, atraindo a população de baixa renda.

O processo de expansão metropolitana foi marcado, portanto, pelos fenômenos de verticalização e expansão horizontal, consolidando o processo de conurbação entre Belo Horizonte e os municípios limítrofes (SOUZA, 2008), como por exemplo, com Contagem forte polo industrial da Região Metropolitana e municípios tidos como “cidades-dormitório”, como Ibirité, Ribeirão das Neves, Sabará, Santa Luzia e Vespasiano (LOBO, *et al* 2017) e nesse cenário, conseqüentemente, configurando-se com menos áreas verdes integradas no território.

É interessante observar a evolução espaço temporal da vegetação nas regionais administrativas⁵. Percebe-se que da segunda metade da década de 1980 até meados dos anos de 1990, Belo Horizonte possuía um índice de NDVI mais elevado no período analisado, configurando-se dois grupos de regionais: aquelas com índices acima de 0,35 e um outro abaixo desse valor, ambos diminuindo gradualmente ao passar dos anos.

Analisando-se a tendência geral, todas as regionais apresentaram significativa perda da vegetação com os anos, destacando-se as regionais Venda Nova (1), Norte (2) e Nordeste (4), respectivamente, com R² superior à 0,90. Não coincidente, são regionais que compõem a porção norte do município, que tiveram a sua ocupação impulsionada mais tardiamente do que as demais, além de apresentarem respostas mais altas no NDVI nos primeiros anos do período analisado, indicando que são áreas de ocupações mais incipientes, em relação às demais regionais, que já possuíam de certa forma, uma ocupação mais consolidada.

Nas respostas mais altas no NDVI, também aparecem as mesmas regionais, Norte (2), Venda Nova (1) e Nordeste (4), junto à regional Pampulha (3), corroborando, portanto, uma nova tendência de vetor de ocupação para a porção norte do território municipal, que mesmo configurando como as regionais que mais perderam vegetação no período analisado, ainda são as que possuem maior NDVI.

Acerca da regional Pampulha (3), esta teve uma indução de parcelamentos de terra e projeto urbanístico que envolveu o conhecido complexo de lazer da Pampulha no entorno da lagoa de mesmo nome, englobando áreas de alto padrão de ocupação e um conjunto arquitetônico projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer.

Ressalta-se a menor significância de perda de vegetação nas regionais Centro-Sul (8) e Barreiro (9), em relação às demais. A primeira pode-se apontar, que além da existência de importantes áreas protegidas na região, como o Parque Municipal Mangabeiras e da Área de Proteção Ambiental - APA Sul, a maior parte configura a porção planejada, à época da instalação da Capital, e já possuía no início desta análise, uma ocupação consolidada.

Enquanto a regional Barreiro, tem em sua área de abrangência uma das maiores áreas de proteção integral do município, o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, categorizado no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (BRASIL SNUC - LEI 9.985, 2000). O Parque abrange parte do alinhamento serrano da Serra do Curral, com um total de 4.100 hectares, sendo 30 hectares somente nesta regional.

⁵ Conforme os limites administrativos atuais.

A existência dessas importantes áreas protegidas nessas regionais, podem indicar que a menor significância de perda vegetação possuem relação com a proteção de áreas com importantes fragmentos florestais.

No grupo de regionais que apresentam menores índices de NDVI já nas décadas entre 1980 a 1990, inclui a Centro-Sul (8), a Oeste (7) e a Noroeste (5), essa última inclusive, com os piores índices de vegetação de todo o município ao longo do período analisado.

Cabe ressaltar, que a ocupação das áreas suburbanas e rurais da Capital ocorreu prioritariamente na direção oeste, contrariando o planejamento do projeto urbanístico original (SOUZA, 2008). Desta forma, ainda que o município tenha crescido em todas as direções, a dinâmica foi mais intensa no eixo oeste devido à instalação da Cidade Industrial e ao lançamento de vários loteamentos privados nos municípios de Contagem, Betim e Ibirité, configurando a primeira frente de conurbação de Belo Horizonte (SOUZA, 2008).

Deve-se lembrar, também, que o crescimento prioritário para os vetores oeste e norte, também tem como fator determinante, o obstáculo natural representado pela Serra do Curral na porção sul/sudeste do município.

De modo geral, para todas as regionais, observa-se uma expressiva tendência de perda de vegetação, sobretudo até o ano de 2002 (período 0) e após, a tendência é de estabilização com leve aumento do NDVI.

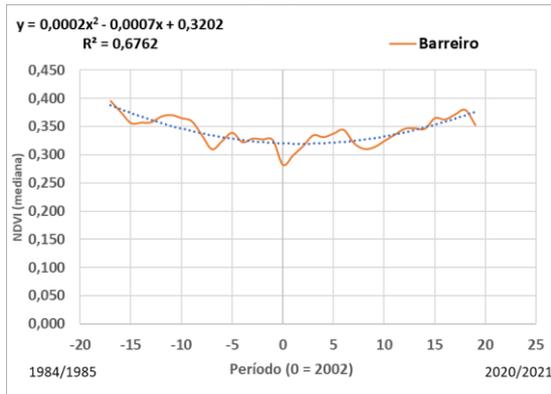
Esse aumento observado em todas as regionais no final do período analisado, pode indicar tanto uma menor perda de vegetação e regeneração dos fragmentos florestais em áreas protegidas, sobretudo, pela cidade já ter alcançado algum grau de estabilização na ocupação, além de maiores controles da legislação ambiental municipal sobre a supressão de vegetação.

Ainda há a possibilidade de aumento da pluviosidade, nos meses selecionados para a análise, nesse sentido, o NDVI tem como limitação avaliações para além da resposta espectral da clorofila das plantas, que possam identificar relações com a pluviosidade, por exemplo.

Cabe ressaltar, que em uma análise dos gráficos da dinâmica temporal do NDVI, percebe-se variações não regulares, isto é, ocorrem anos com valores altos bem acentuados e outros anos com valores reduzidos. A observação dessa série longa, revela a ocorrência de variações sazonais e diferentes sequências de valores, que podem ser caracterizados como aleatórios, que podem ser causados por ruídos no NDVI, como de efeitos atmosféricos, do sensor, condições de iluminação, declive superficial, aspectos de visadas, entre outros, focando-se, portanto, na análise da tendência global.

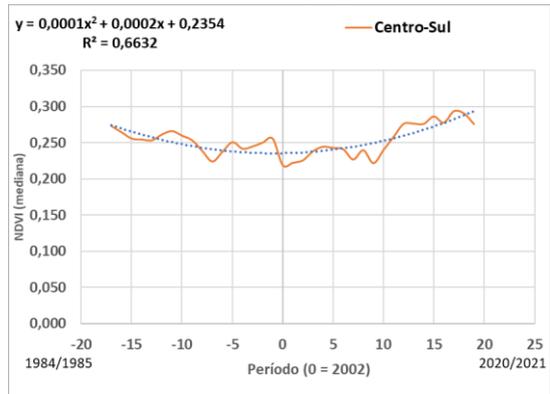
A sequência do Gráfico 1 ao Gráfico 9, demonstram a tendência de evolução do NDVI em cada regional no período analisado.

Gráfico 1. NDVI Barreiro Período 1984 a 2021



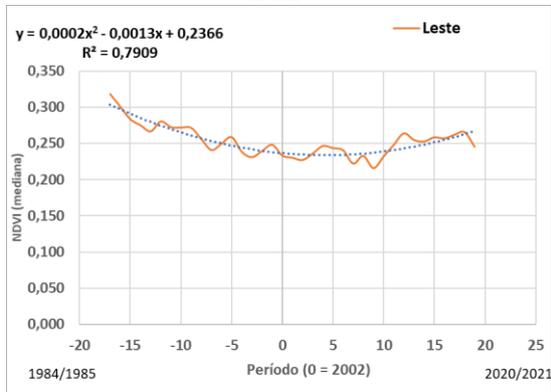
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 2. NDVI Centro-Sul Período 1984 a 2021



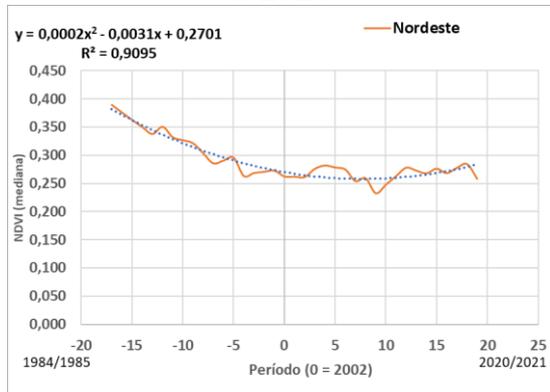
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 3. NDVI Leste Período 1984 a 2021



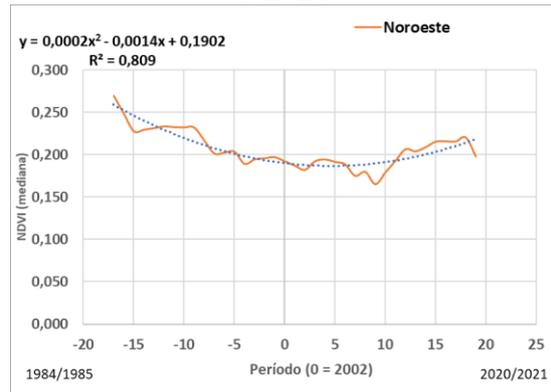
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 4. NDVI Nordeste Período 1984 a 2021



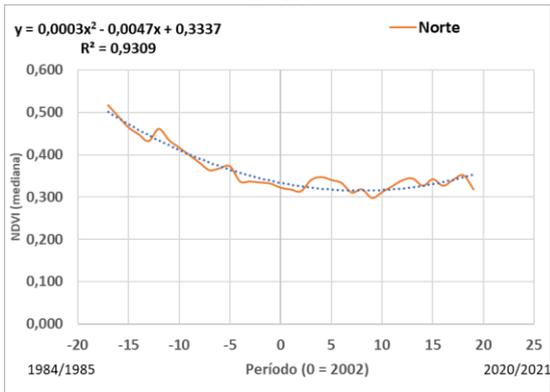
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 5. NDVI Noroeste Período 1984 a 2021



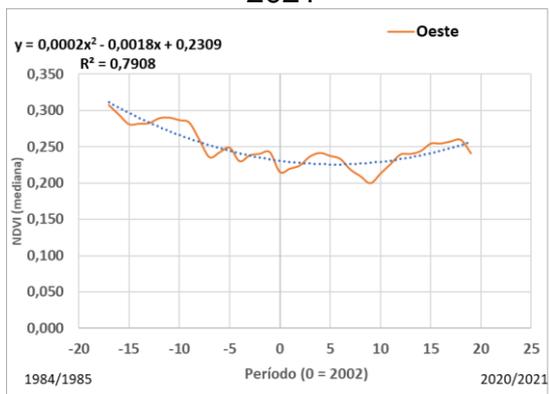
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 6. NDVI Norte Período 1984 a 2021



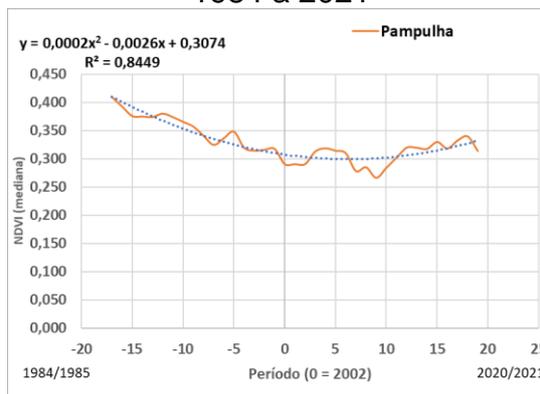
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 7. NDVI Oeste Período 1984 a 2021



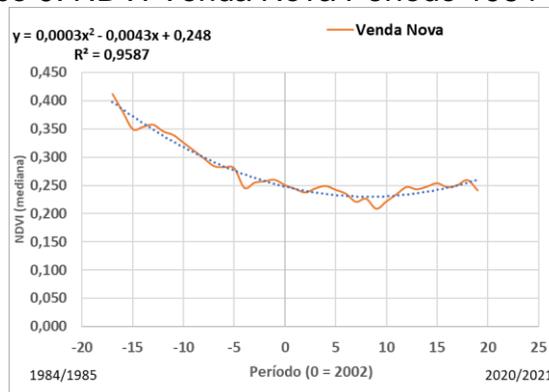
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 8. NDVI Pampulha Período 1984 a 2021



Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 9. NDVI Venda Nova Período 1984 a 2021



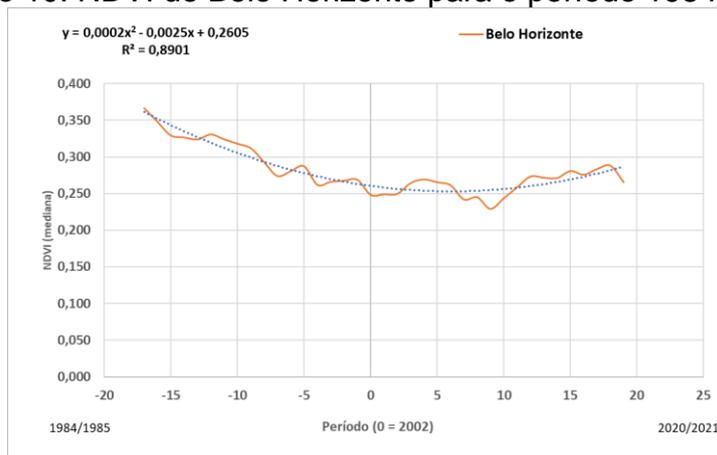
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Para além da análise intra regional, a perda de vegetação em Belo Horizonte como um todo, foi bem acentuada, com correlação negativa R^2 de 0,8901, o que ilustra a baixa preocupação da cidade com a perda de cobertura vegetal em termos de ordenamento territorial (Gráfico 10).

É possível perceber que até o início da década de 2000 (período 0 do Gráfico 10) a perda da vegetação foi mais acentuada no município, tornando-se menos marcante a partir deste marco temporal, após esse período, o NDVI se manteve na média de 0,30, sendo possível ainda observar a tendência de ascensão no início da década de 2010 (período 10), mesmo comportamento observado em cada regional.

O NDVI em Belo Horizonte como um todo, entre 1984 e 2021, pode ser observada no Gráfico 10.

Gráfico 10. NDVI de Belo Horizonte para o período 1984 a 2021



Fonte: Imagens Landsat 5 e Landsat 8.

Observando-se o comportamento da evolução da vegetação no processo de urbanização da Capital, destaca-se a observação de Costa *et al.* (2009), de como os espaços livres e públicos programados para a zona urbana da capital “planejada” totalizariam maior existência de áreas vegetadas, mas foram sendo subvalorizados e perdendo espaço no decorrer do processo de urbanização para outros tipos de uso. Se para a zona planejada as áreas mínimas de cobertura verde não foram estabelecidas, na cidade “não planejada” foi ignorada a necessidade de inclusão das áreas verdes no ambiente urbano.

Essa relação dicotômica entre urbano e vegetação, como um dos elementos das questões ambientais, é destacado por Oliveira (2019), onde a autora aponta para um planejamento urbano em que a biodiversidade e a paisagem como um todo, são vinculados à estratégias de desenvolvimento econômico e nesse intuito, a então ideia de desenvolvimento sustentável, se baseia na lógica econômica, desconectada de ciclos de regeneração natural.

A INFLUÊNCIA DAS ÁREAS VERDES PROTEGIDAS NA SÉRIE HISTÓRICA DO NDVI EM BELO HORIZONTE

Embora remetam e estejam sobrepostos à ideia geral da destinação de certos espaços à natureza, os conceitos de área protegida e área verde não coincidem.

Em termos gerais, área verde corresponde a toda e qualquer área que contenha vegetação situada em solo permeável, com características naturais, independente do porte de vegetação arbórea, arbustiva ou rasteira, podendo desempenhar função ecológica, paisagística e recreativa, propiciando a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade e tende a se restringir ao perímetro urbano (HIJIOKA *et al.*, 2007; ROCHA, 2019; EUCLYDES, 2016).

Enquanto os espaços ambientalmente protegidos, conforme Euclides (2016), expressa a proteção da natureza, recorrente de acordos internacionais, como uma área definida geograficamente que é destinada, regulamentada e administrada para alcançar objetivos específicos de proteção ou conservação da natureza, a criação de áreas protegidas ocorre por meio de leis específicas, que disciplinam o uso e sua apropriação.

Nesse contexto, Euclides (2014) destaca o conflito entre natureza e espaço, onde esse é um modo de produção capitalista no meio urbano e quanto mais avança o lucro sobre o espaço, mais se torna escasso os elementos da natureza, e dessa

percepção de esgotamento, a criação de áreas protegidas pode ser considerada uma estratégia para conter a homogeneização desse espaço. Contudo, é importante ressaltar, conforme apontando por Jacobs (2009) e Euclides (2014), as áreas protegidas não serão as redentoras das cidades no processo de degradação ambiental.

Na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) que está situada o maior mosaico de áreas protegidas do Estado, não por acaso, é a região do centro político, econômico e urbano do estado de Minas Gerais, com a Capital Belo Horizonte, possuindo um dos maiores números de áreas verdes protegidas, entre parques municipais e unidades de conservação das diferentes esferas público e privado, corroborando portanto, a expressão dos conflitos entre natureza e espaço.

Euclides (2014) destaca que inclusive muitas dessas áreas protegidas são reivindicadas pela própria população, tendo em vista o histórico de grupos que requerem a criação desses espaços na região, fato que pode ser entendido como um reflexo da intensidade da percepção da degradação ambiental na metrópole e da conseqüente articulação política.

Costa (2008) aborda que a conjunção mais estreita entre as preocupações de caráter urbanístico e as ambientais foi assumida no Brasil pelo Estatuto da Cidade em 2001, ao introduzir o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), nessa mesma década da consolidação deste marco legal, Planos Diretores municipais incorporam critérios de preservação e de valoração ambientais no enfoque de ordenamento territorial, em construção de uma política urbana pautada por valores sustentáveis.

Esses planos, trazem uma perspectiva de ambiente natural como um conjunto de atributos do processo de produção do espaço, com as áreas vegetadas juntamente à aspectos de poluição (do ar e solo), como representação mais comum do ambiente, com a identificação e proteção de áreas verdes e de preservação, como parques e áreas de lazer em geral, sem contudo, abranger os aspectos e os conflitos quanto à apropriação ou controle destes bens ou recursos (COSTA, 2008).

Em Belo Horizonte, pode-se destacar uma das primeiras legislações que abarca o tema, a Lei Municipal 2.662/1976, de Uso e Ocupação do Solo, que expressava, propostas de implantação de áreas verdes no tecido urbano (COSTA *et al.*, 2009). A partir de então, as leis municipais de planejamento urbano incluíram diretrizes ambientais para o ordenamento territorial.

Em 2005 foi criada a Fundação de Parques Municipais, buscando implementar estratégias de ampliação, gestão e planejamento de parques municipais (PBH, 2021), embora em anos anteriores, existissem outras instituições que eram responsáveis pela gestão de parques, mas de forma fragmentada.

É fato constatar que, as áreas verdes do município ocorrem, basicamente, nas áreas protegidas, as quais concentram a maior parte da cobertura vegetal remanescente.

Nesse sentido, Belo Horizonte possui 77 parques municipais, totalizando uma área de 1.135,56 hectares. Também há sete unidades de conservação estaduais, regulamentadas pela Lei nº 9.985/2000 (SNUC) concentradas, majoritariamente, na Serra do Curral, com exceção do Parque Estadual Serra Verde, localizado na regional Venda Nova e duas Áreas de Proteção e Conservação de Mananciais (APE) que totalizam 5.474,78 hectares. Em termos federais, há o Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG (MHNJB), com 57,19 hectares.

Ainda na porção da Serra do Curral, no ano de 2022 foi regulamentado o primeiro corredor ecológico legalmente instituído na região metropolitana e o segundo

de todo o Estado de Minas Gerais, a partir do Decreto Nº 17.986, de 6 de junho de 2022, que institui o Corredor Ecológico Espinhaço-Serra do Curral.

Essas áreas constituem, em sua maioria, importantes florestas nativas que promovem funções ecossistêmicas urbanas.

Outra importante categoria de área protegida presente no território municipal de Belo Horizonte, são as Áreas de Preservação Permanente (APP), uma das principais áreas protegidas instituídas por norma jurídica no Brasil e podem ser entendidas como

área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

(BRASIL, LEI nº 12.651/2012. Código Florestal)

Conforme destacado por Lemos et. al (2014), a manutenção de áreas verdes é necessária para o bom funcionamento das estruturas das cidades, sobretudo, no contexto da micro e macrodrenagem e as APP's urbanas, mesmo aquelas descaracterizadas de sua vegetação, podem cumprir a finalidade de permeabilidade do solo urbano. Estas garantem padrões de ordenamento do escoamento pluvial, propiciam o surgimento de microclimas, como também permitem a criação de espaços coletivos, não edificadas e de lazer, formando uma paisagem diferenciada, menos homogênea da ocupação no espaço urbano.

Apesar das legislações vigentes tratarem das APP's urbanas, não diferenciando objetivos de proteção das áreas rurais, na prática a preservação da APP urbana é quase ignorada, considerada um dos temas mais polêmicos no regime jurídico no âmbito da gestão ambiental (AZEVEDO e OLIVEIRA, 2014). Foi objeto de diversas alterações ao passar do tempo, bem como suplementações por resoluções e por normas estaduais e municipais.

A mais recente alteração, até a presente pesquisa, é a Lei Federal 14.285/2021 que alterou o Código Florestal de 2012 sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas, em que os municípios poderão estabelecer as faixas de APP, mesmo que inferior aquelas citadas pelo Código Florestal de 2012, a saber: entre 30 a 500 metros, a depender da largura do curso d'água.

Inclusive, essa mesma proposta foi vetada à época da elaboração do Código Florestal de 2012, por ser reconhecida por grave retrocesso da legislação ambiental, ao dispensar a necessidade da observância dos critérios mínimos de proteção (Mensagem de Veto nº 212/2012). O retorno a tal questão em 2021, demonstra o desmonte, entre outros, na legislação ambiental brasileira.

Belo Horizonte, assim como a maior parte dos centros urbanos latino americanos, concebidos e construídos sob preceitos sanitaristas e higienistas, influenciado por um modelo europeu de urbanização, teve a canalização de cursos d'água vista como única solução para as questões sanitárias, estéticas e para o controle dos transbordamentos, que vem sendo aplicada sistematicamente pelo município há pelo menos noventa anos (BORSAGLI, 2019).

Nesse processo, junto à invisibilização da rede hidrográfica, também houve a significativa supressão das APP's e da respectiva área vegetada no processo de urbanização, desconsiderando a importância da vegetação na proteção de áreas sensíveis, como as margens de sistemas hídricos e as zonas de recarga de aquíferos.

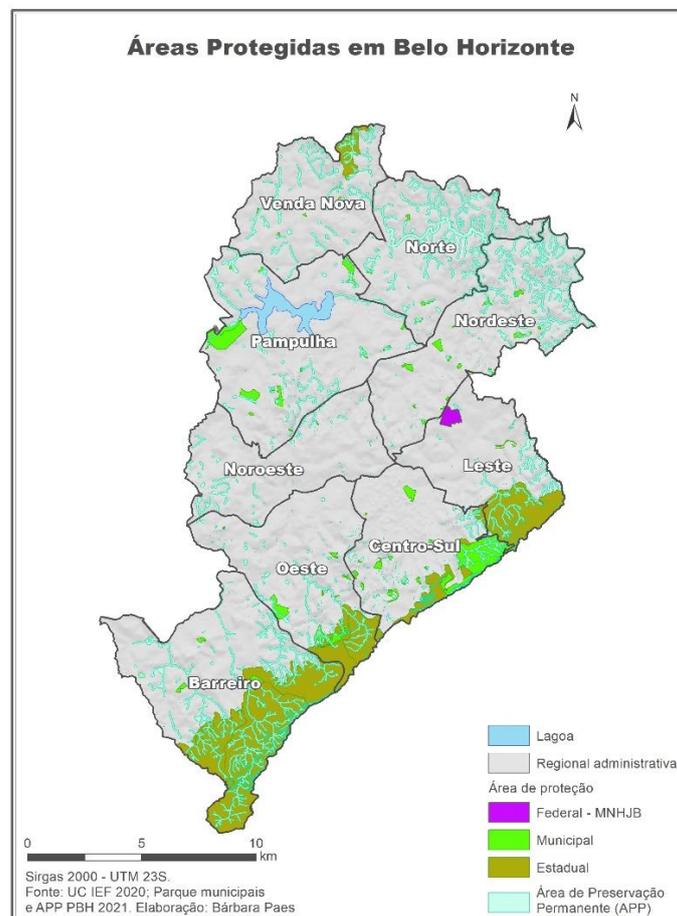
Muito frequentemente, as áreas de APP's urbanas foram ocupadas por equipamentos públicos, como avenidas e ruas, ou por habitações, causando significativo adensamento nessas áreas.

Esse conflito de ocupação em áreas de APP é constatado nas várias cidades brasileiras conforme apontado por ARAÚJO (2017) para a cidade de Osasco/SP; CUNHA, *et al* (2017) sobre a cidade de João Pessoa/PB e; FELIPPE e MAGALHÃES Jr. (2012), sobre a própria cidade de Belo Horizonte.

Nesse contexto de constante descaracterização de APP urbana, Belo Horizonte atualmente possui 2.713,25 hectares de APP's remanescentes mapeadas pela Prefeitura Municipal (BHMAP, 2021) entre cursos d'água e nascentes, com características de menor ou maior adensamento de ocupação.

As áreas protegidas, entre APP, Parques Municipais e Unidades de Conservação no território municipal, podem ser observadas no Mapa 2.

Mapa 2. Áreas protegidas em Belo Horizonte



Fonte: Instituto Estadual de Florestas (IEF, 2020) e Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH, 2021).

Analisando-se o NDVI no período de 1984 a 2021 somente nas áreas protegidas, em comparação aquelas fora, a tendência da densidade de vegetação é divergente. Enquanto dentro das UCs e Parques Municipais há uma correlação positiva ao longo dos anos com R^2 0,8645 e em APP's remanescentes também correlação positiva crescente de R^2 0,7854, demonstrando um aumento da densidade da vegetação ao passar dos anos. Fora desses espaços, ocorre o inverso, com uma forte correlação negativa de R^2 0,9093.

Pode-se ainda perceber uma média de NDVI mais elevada dentro das áreas protegidas, com índice em torno entre 0,50 a 0,60, enquanto fora das áreas protegidas a média do NDVI é de cerca de 0,20.

Dentro das áreas verdes protegidas, nos primeiros anos da análise, o valor de NDVI se mantém com certa estabilidade, intensificando o aumento da densidade da vegetação a partir do ano de 2003 (período 1 do gráfico). Fora das áreas protegidas, mesmo com queda acentuada, percebe-se uma melhora tardia do NDVI, a partir do ano e 2012 (período 10 do gráfico).

O aumento do NDVI das áreas protegidas, levanta a hipótese de regeneração dos fragmentos de vegetação inseridos nesses espaços, entende-se por processo regenerativo a comunidade arbórea, que tenham superado a forte ação seletiva do ambiente e, assim, ultrapassaram o período crítico de mortalidade, conforme descrito por Felfili *et al.* (2000).

Salles e Schiavini (2007) acrescentam que a intensidade na qual ocorre a deterioração de uma paisagem composta por fragmentos, depende das características do ambiente no qual estão inseridos; logo o tamanho, a forma e o tipo de vizinhança influenciam no número de espécies capazes de sobreviver em um fragmento.

Outra hipótese a ser levantada sobre o aumento do NDVI, é também a possibilidade de aumento da pluviosidade, sobretudo nos últimos anos dos meses selecionados para a análise, tendo em vista que também fora das áreas verdes protegidas houve um leve aumento do valor do NDVI no período final da série temporal.

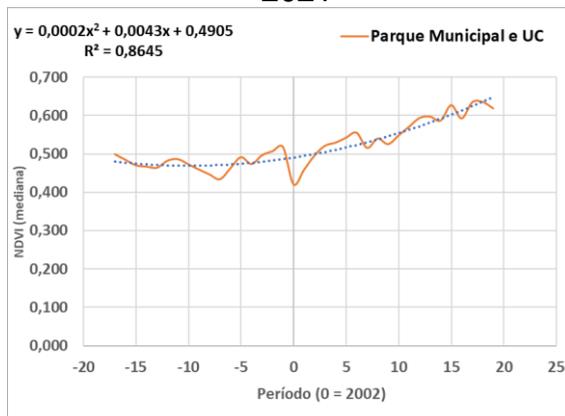
Observa-se ainda um pico de queda da resposta do NDVI dentro das áreas protegidas no período 0 do gráfico, este pico, para além de valores aleatórios, representa uma menor resposta do vigor vegetacional, que pode ter sido ocasionado por uma diminuição da umidade, advindo de uma menor precipitação no período analisado, reduzindo portanto, a absorção de reflectância no vermelho em função da diminuição da fotossíntese, com menor desenvolvimento dos dosséis vegetais.

Fato, por exemplo, não observado fora das áreas protegidas, possivelmente, por já possuir uma baixa resposta de vigor vegetacional, não sobressaindo o mesmo pico de queda do NDVI.

Ainda sobre fora das áreas protegidas, percebe-se também um aumento do NDVI ao final do período analisado, podendo-se considerar que como o território já possui uma significativa ocupação consolidada, uma alteração da vegetação, como, por exemplo supressões para diversos fins, não sobressaíram na resposta do NDVI.

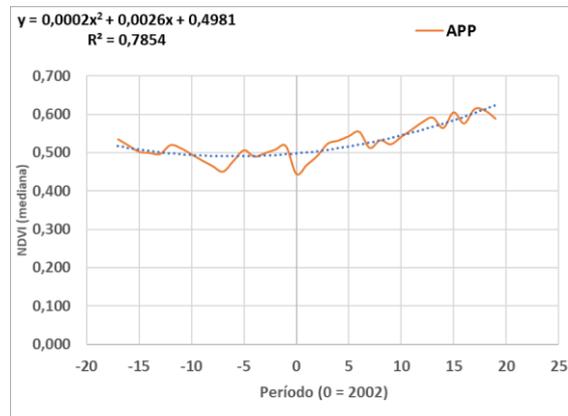
A série histórica do NDVI dentro e fora das áreas protegidas, pode ser observada no Gráfico 11 ao Gráfico 13.

Gráfico 11. NDVI dentro de parques municipais e UCS – Período 1984 a 2021



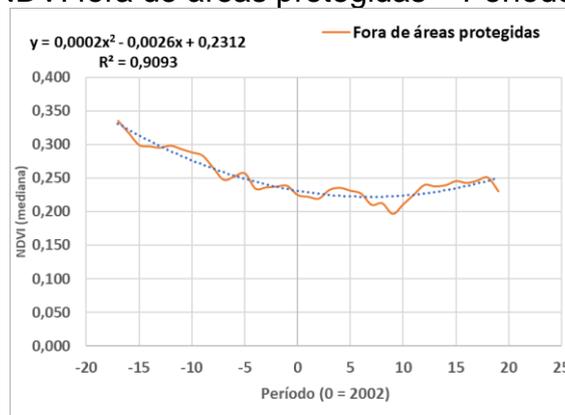
Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 12. NDVI dentro de APP – Período 1984 a 2021



Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

Gráfico 13. NDVI fora de áreas protegidas – Período 1984 a 2021



Fonte: Imagens Landsat 5 e 8.

A partir da análise do papel das áreas verdes protegidas em Belo Horizonte, é importante salientar o apontamento de Oliveira (2019), sobre o planejamento urbano ambientalizado, que legitimou intervenções baseadas em diferentes representações de cidade sustentável, incorporando-se a preservação da biodiversidade urbana, com a valorização de espaços de representação da natureza nas cidades em espaços protegidos e corroborando o “não-verde” fora desses espaços. Fato que pode ser observado na dinâmica histórica da vegetação em Belo Horizonte.

Harvey (1996), ainda destaca que através da competitividade territorial visando ao incremento da atratividade empresarial e de investimentos financeiros e entre outros, ao favorecimento do mercado imobiliário, a questão ambiental é considerada um produto da qualidade ambiental, polarizado na relação sociedade-natureza, para a concepção de espaços separados e isolados do cotidiano urbano. Na qual a apropriação mais ampla da natureza é sua inserção no processo como mercadoria.

Essa análise aponta que apesar de a densidade da vegetação nas áreas protegidas estar aumentando ao longo do período analisado, não foi suficiente para equalizar a queda do NDVI do território municipal como um todo, isso porque as áreas protegidas são fragmentos minoritários do espaço urbano, partes de um todo formado mais por áreas desprotegidas. Deste modo, ocorrem mais áreas não verdes que áreas verdes, e a relação entre esses espaços é de contínua tensão (EUCLYDES, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metrópole consolidada de Belo Horizonte, passou por intensas mudanças na paisagem desde a sua fundação, particularmente no tocante à supressão de vegetação, decorrente de uma dicotomia entre social e natural.

Esse fato é comprovado pela perda de vegetação, avaliado pelo NDVI, entre os anos de 1984 a 2021 com R^2 negativo de 0,8901, para o município como um todo.

A análise da série temporal da vegetação por meio do NDVI em Belo Horizonte, demonstra a relação da dinâmica urbana e processos naturais na cidade, identificando-se que a tendência geral da dinâmica da vegetação no processo de urbanização foi de diminuição da cobertura vegetal de forma mais acentuada até o início da década de 2000, tornando-se menos marcante a partir deste marco temporal, possivelmente pela consolidação da ocupação na cidade.

Ainda pode-se afirmar, que as áreas verdes protegidas do município, exercem papel fundamental na manutenção da vegetação ao longo do período analisado, pois a vegetação ocorre de forma mais expressiva nessas áreas, as quais concentram a maior parte da cobertura vegetal remanescente, com NDVI em torno de 0,50 dentro das áreas verdes protegidas, em contrapartida, fora dessas áreas, o NDVI é de cerca de 0,20.

A resposta do NDVI no período de 1984 a 2021 somente nas áreas protegidas, em comparação aquelas fora, segue uma tendência da densidade de vegetação divergente. Enquanto dentro das UCs e Parques Municipais há uma correlação positiva ao longo dos anos com R^2 0,8645 e em APP remanescentes também correlação positiva de R^2 0,7854, demonstrando um aumento da densidade da vegetação ao passar dos anos. Fora desses espaços, é o inverso, com uma forte correlação negativa de R^2 0,9093.

O aumento do NDVI ao final do período analisado, ainda levanta a hipótese de regeneração dos fragmentos de vegetação, sobretudo, inseridas nas áreas protegidas. Outra possibilidade é do aumento da pluviosidade nos últimos anos dos meses selecionados para a análise, tendo em vista que nesse mesmo período (final da série temporal), também fora das áreas verdes protegidas, houve um leve aumento do valor médio do NDVI.

A partir da pesquisa realizada nesse artigo, identifica-se como principais limitações do estudo, a utilização do NDVI como única métrica de análise da vegetação urbana, nesse sentido, indica-se a utilização de outros parâmetros, aliados ao NDVI.

No quesito de qualidade da vegetação, a realização de estudos tanto de fitofisionomia vegetal, uso histórico, grau de antropização e identificação do estágio sucessional da vegetação nas áreas verdes protegidas, são indicadas para aprofundamento nas relações de regeneração como um dos fatores que têm contribuído para o aumento do NDVI nessas áreas.

Ainda indica-se a correlação dos dados do NDVI com a pluviosidade no mesmo período desta pesquisa, possibilitando acompanhar mudanças na biomassa e nos estresses causadas por perda ou ganho de umidade, possibilitando uma melhor análise, se os picos de valores, assim como o aumento do NDVI ao final da série temporal, são relacionados ao regime de chuvas.

Por fim, a existência de espaços ecologicamente mais equilibrados, tem a vegetação como forte aliada e pode trazer avanços para as paisagens e para a população ao longo das dinâmicas da urbanização.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. A. **Análise dos conflitos do uso e ocupação do solo em área de preservação permanente - APP - urbana.** ÍANDÉ: Ciências e Humanidades, v. 1, n. 1, p. 58-67, 14 dez. 2017.

AZEVEDO, R. E. S.; OLIVEIRA, V. P. V. **Reflexos do novo Código Florestal nas Áreas de Preservação Permanente – APPs – Urbanas.** Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente. UFPR, 2014.

BELO HORIZONTE. **BHMAP- Portal de Dados Espaciais da PBH: IDE BHGEO, 2021.** Disponível em: <https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo>. Acesso em: 01/11/2021. Base de dados.

BELO HORIZONTE. **Decreto Nº 17.986, de 6 de junho de 2022.** Institui o Corredor Ecológico Espinhaço-Serra do Curral, no Município, e dá Outras Providências.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. **Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica.** Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-de-parques-e-zoobotanica>. Acesso em: 01 de março de 2021.

BORSAGLI, A. **Do Convívio à Ruptura: A Cartografia na Análise Histórico-Fluvial de Belo Horizonte (1894/1977).** Orientador: José Flávio Moraes Castro. 2019. 224p. Dissertação (mestrado em Tratamento da Informação Espacial) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. **Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021.** Altera as Leis nos 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 11.952, de 25 de junho de 2009, que dispõe sobre regularização fundiária em terras da União, e 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, para dispor sobre as áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. **Mensagem nº 212, de 25 de maio de 2012.** Brasília, DF, 2021.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S. **Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento da Flora Nativa 2005-2007.** Lavras: UFLA, 2008. 318 p.

CHAVES, M. E. D.; MATAVELI, G. A. V.; JUSTINO, R. C. **Uso da modelagem estatística para monitoramento da vegetação no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais.** Caderno de Geografia. Belo Horizonte, 2014.

COSTA, H. S. M. **A trajetória temática ambiental no planejamento urbano no Brasil: o encontro de racionalidades distintas.** In: COSTA, G.M.; MENDONÇA, J.G. (orgs.). Planejamento urbano no Brasil: trajetória, avanços e perspectivas. Belo Horizonte: C/Arte, 2008. p. 80-92.

COSTA, H. S. M. **Mercado imobiliário, estado e natureza na produção do espaço metropolitano.** In: COSTA, H.S.M. *et al.*(orgs.). Novas periferias metropolitanas: a expansão metropolitana em Belo Horizonte: dinâmica e especificidades no Eixo Sul. Belo Horizonte: C/Arte, 2006.

COSTA, S. A. P. *et al.* **Os Espaços Livres na Paisagem de Belo Horizonte.** Paisagem Ambiente: ensaios. São Paulo. 2009.

CUNHA, J. P. S. *et al.* **Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB.** I Simpósio Brasileiro Online Gestão urbana. 2017.

CZECH, B.; KRAUSMAN, P R.; DEVERS, P. K. **Economic Associations among Causes of Species Endangerment in the United States.** BioScience50 (7): 593. 2000.

DINIZ, C. *et al.* **Brazilian Mangrove Status: Three Decades of Satellite Data Analysis.** Remote Sens. 2019.

EUCLYDES, A. C. P. **A hipótese Otimista [manuscrito]: Dialética e Utopia das Áreas Verdes, das Áreas Protegidas e da Trama Verde e Azul.** Orientador: Roberto Luís de Melo Monte-Mór. 2016. 273p. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

EUCLYDES, A. C. P. **Áreas protegidas e Planejamento Estratégico “Ecologizado”: A Operação Urbana do Isidoro (Belo Horizonte, Minas Gerais).** e-Metropolis: Revista Eletrônica de Estudos Urbanos e Regionais, Rio de Janeiro, n. 17, p. 41-51, jun. 2014. Disponível em: http://emetropolis.net/system/edicoes/arquivo_pdfs/000/000/017/original/emetropolis_n17.pdf?1447896366. Acesso em: 7 abr. 2022.

FELFILI, J.M.; Ribeiro, J.F.; Fagg, C.W.; Machado, J.W.B. **Recuperação de Matas de Galeria.** Embrapa Cerrado Série Técnica 21(1): 45-45. 2000.

FELIPPE, M. F.; Magalhães Júnior, A. P. **Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte-MG.** Revista Geografias, 8–23. Belo Horizonte, 2012.

GONÇALVES, C. W. P. **Formação sócio espacial e questão ambiental no Brasil**. In: BECKER, B. *et al.* (orgs). Geografia e meio ambiente no Brasil. Rio de Janeiro: Hucitec/UGI, 1995.

HARVEY, D. **Justicia, Naturaliza y la Geografía de la Diferencia**. Oxford: Blackwell Publishers, 1996.

HIJIOKA, A. *et al.* **Espaços Livres e Espacialidades da Esfera Pública: Uma Proposição Conceitual para o Estudo de Sistemas de Espaços Livres Urbanos no País**. Paisagem Ambiente: ensaios. n. 23, São Paulo, 2007, p. 116 – 123.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **IBGE Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01 de setembro de 2021. Base de dados.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. Tradução de Carlos S. Mendes Rosa. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. Tradução: José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador), *et al.* São José dos Campos, SP. 2009.

LASCHEFSKI, K. **500 anos em busca da sustentabilidade urbana**. Cad. Metrop., São Paulo, v.15, n 29. 2013.

LASCHEFSKI, K.; COSTA, H. S. M. **Segregação social como externalização de conflitos ambientais: a elitização do meio ambiente na APA-Sul, Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Ambiente e Sociedade, v.11, Campinas, p. 307 - 322, 2008.

LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R. A. **Análise de Séries Temporais em Epidemiologia: Uma Introdução Sobre os Aspectos Metodológicos**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 4, n. 3, p. 146-152, 2001.

LEFEBVRE, H. (1968). **O Direito à Cidade**. São Paulo: Centauro, 2011.

LEFEBVRE, H. **The Urban Revolution**, translated by Robert Bononno. Menneapolis: Universitu of Minnesota Press. 2003.

LEMOS, R. S. *et al.* **A Evolução do Uso e Ocupação em uma Bacia Hidrográfica Urbana e suas Consequências para a Qualidade Ambiental: Reflexões a partir do Caso da Lagoa da Pampulha, Região Metropolitana de Belo Horizonte**. Anais ANPUR 2014. APP Urbana. UFPA Belém, 2014.

LOBO, C. *et al.* **Mobilidade pendular e a integração metropolitana: uma proposta metodológica para os municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte/MG – 2010**. Revista Brasileira de Estudos de População. Belo Horizonte, 2017.

LOPES, A. D. C. **A Flora Vascular da Crista da Serra do Curral**. Orientador: João Renato Stehmann, 2019. 86p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

MAGALHÃES Jr., A.; Saadi, A. **Ritmos da Dinâmica Fluvial Neo-Cenozóica Controlados por Soerguimento Regional e Falhamento: O Vale do Rio Das Velhas na Região de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil**. Geonomos 2. Belo Horizonte, 1994.

MCKINNEY, M.L. **Effects of human population, area, and time on non-native plant and fish diversity in the United States**. Biological Conservation 100 (2): 243–52. Knoxville, 2001.

MONTE-MÓR. R. L. **Urbanização Extensiva e Lógicas de Povoamento: Um Olhar Ambiental**. Capítulo de livro publicado em SANTOS, Milton et. al. (orgs.) Território, globalização e fragmentação. São Paulo: Hucitec/Anpur, 1994.

MOREIRA, G. F. **Associação entre Floresta Urbana e Indicadores da Saúde Humana**. Orientador: Amaury Paulo de Souza, 2018. 69p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade de Viçosa. Viçosa, 2018.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M.C. **Análise de séries temporais**. 4ª Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 538 p.

MYNENI, R.B.; et al. **The interpretation of spectral vegetation indexes**. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995.

OLIVEIRA, A. M. **A Trama Verde e Azul: Transitando Entre a Abstração e a Experiência Urbana**. Orientadora: Heloisa Soares de Moura Costa. 2019. 289p. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

POVH, F. P, et al. **Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais**. Pesq. agropec. bras., Brasília, 2008.

ROCHA, N. A. **Geoprocessamento na Parametrização de Áreas Verdes Urbanas: Contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana**. Orientadora: Ana Clara Mourão Moura. 2019. 173p. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019.

RODRIGUES, R. A; et al. **Evolução Espaço-Temporal de Áreas Densamente Verdes em Belo Horizonte, MG. Utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto**. Revista de Geografia (UFPE). 2013.

SALLES, J. C.; Schiavini, I. **Estrutura e Composição do Estrato de Regeneração em um Fragmento Florestal Urbano: Implicações para a Dinâmica e a Conservação da Comunidade Arbórea**. Acta Botanica Brasilica, 2007.

SANTOS, M. **A Metrópole: Modernização, Involução e Segmentação**. São Paulo, 1990.

SENA, Í. S. *et al.* **Metodologia para Análise do Volume Vegetacional e Construído**. Mercator, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, v. 17, e17021, 2018.

SIQUEIRA, R. A. **O Adensamento no Espaço Urbano: As Promessas da Cidade Compacta**. Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia. 2018. 186p. Tese (doutorado em Geografia) Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2018.

SOUZA, J. **A Expansão Urbana de Belo Horizonte e da Região Metropolitana de Belo Horizonte: O Caso Específico do município de Ribeirão das Neves**. Orientador: Fausto Reynaldo Alves de Brito. 2008. 194p. Tese (Doutorado em Demografia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

SWYNGEDOUW, E. **A Cidade Como um Híbrido: Natureza, Sociedade e “Urbanização-Ciborgue”**. In ACSELRAD, H. (org.). *A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas*. Rio de Janeiro: DP&A, Lamparina, 2001.

UN HABITAT. **State of Latin American and Caribbean Cities**. 2012.