

Análise da vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Pato Branco-PR

RESUMO

A expansão urbana no município de Pato Branco no Paraná tem ocorrido de forma desordenada. Para melhor diagnosticar essa expansão entre os anos de 1980 e 2016, realizou-se um estudo do comportamento da vegetação do município por meio do uso de mosaico de fotografias aéreas (1980), imagens de satélite QuickBird (2005) e Pleiades (2016). Utilizando-se conjunto de dados e análise multitemporal foi possível realizar o mapeamento da cobertura vegetal do município ao longo do tempo, gerando informações que podem subsidiar o planejamento. Os resultados da pesquisa indicaram que a área da cobertura vegetal do município de Pato Branco não reduziu entre os anos de 1980 e 2005. Em 1980 havia uma cobertura 20% (11,68 km²) da área total urbana, em 2005 este índice passou para 26,7% (15,55 km²), e no ano de 2016 o índice decaiu em 2,37% passando para 24,33% (14,17 km²). Em todos os períodos analisados o ICV, ficou abaixo do recomendável que é de 30%. As dificuldades enfrentadas para o avanço da cobertura vegetal do município de Pato Branco e conseqüentemente dos ICV entre 1980 e 2016, podem ser explicadas pelo elevado crescimento populacional do Município, equivalente a 140%.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento ambiental. Vegetação. Sensoriamento Remoto. Expansão urbana. Planejamento urbano.

Adriana Kunen

adrianakunen@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. Paraná. Brasil.

Ney Lyzandro Tabalipa

tabalipa@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. Paraná. Brasil.

Volmir Sabbi

volmir@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. Paraná. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Profissionais, planejadores, pesquisadores e políticos lidam cada vez mais com as contribuições de toda a estrutura verde urbana para a qualidade de vida e o meio ambiente. Por um lado, esse papel é definido pela influência direta sobre a psique humana. As interações com atmosfera, solo e água são fundamentais para a influência na qualidade de vida que, por sua vez, é influenciada positivamente por um ambiente saudável.

As áreas verdes além da importância do ponto de vista paisagístico (SWAPAN et al., 2017), possui outras finalidades, tais como: lazer e recreação (KABISCH et al., 2016); proteção contra a erosão (LIU et al., 2014); preservação das margens de cursos d'água (EPPS & HATHAWAY, 2019); barreira acústica e contra a poluição do ar (MEXIA et al., 2018); corredores de circulação do ar; entre outras (TABALIPA, 2008). A vegetação atua sobre os elementos climáticos em microclimas urbanos, contribuindo para o controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar, ação dos ventos e da chuva (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010; ANGULURI & NARAYANAN, 2017).

A ocupação urbana sempre resultará numa diminuição da cobertura vegetal original do solo. Devem-se considerar as principais características ambientais por meio de uma utilização ordenada do solo, minimizando os efeitos sobre o meio ambiente (MOTA, 2003). A flora e vegetação urbana trazem uma informação rica sobre as propriedades dos ecossistemas urbanos. Com base na relação entre as plantas e os fatores de habitat, eles podem ser usados para avaliar as condições ecológicas do meio ambiente, monitorar as tendências ao longo do tempo ou fornecer sinais iniciais de mudanças (MILIOLI, 2007).

A cobertura da vegetação urbana desempenha um papel fundamental no controle dos aspectos locais e regionais das condições físicas ambientais, como radiação, vento, temperatura e umidade (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010; MITTERBOECK & KORJENIC, 2017). O conforto térmico e a presença de vegetação estão correlacionados (NUCCI, 2008; LENZHOLZER et al., 2018).

Em geral, a vegetação contribui para o conforto térmico em áreas urbanas por redução de temperatura através de sombreamento (efeito direto) e evapotranspiração (efeito indireto). A vegetação reduz a temperatura do ar por sombreamento direto de superfícies (causando menor absorção de isolamento no solo subjacente) e a conversão de calor sensível (radiação solar) em calor latente através da evapotranspiração (BRANCO, 1991; NUCCI, 2008; MASCARÓ & MASCARÓ, 2010; SMITHERS et al., 2018).

“A presença das árvores tem, ainda, outros efeitos benéficos sobre o clima. A própria transpiração, transportando continuamente água do solo para o ar, mantém a umidade atmosférica” (BRANCO, 1991, p. 18). No entanto, a eficácia de uma cobertura vegetal para converter sensivelmente o calor latente, depende do equilíbrio hídrico e do vento (NUCCI, 2008; SMITHERS et al., 2018). Áreas verdes maiores ou cobertura de vegetação densa são mais eficazes do que pequenas áreas ou pouca cobertura de vegetação.

Os espaços verdes têm funções sociais, psicológicas, físicas e estéticas, são considerados como portas de entrada para um mundo sensorial e natural de alta qualidade, para um mundo não comercializado, onde as crianças podem explorar,

aprender e brincar em segurança, para uma boa cidade em que as pessoas possam se unir e compartilhar suas experiências e responsabilidades (LEFEBVRE, 2008).

Espaços verdes de maior proporção ajudam a produzir ar fresco dentro da área urbana, e o efeito de arrefecimento se estende até além dos limites dos espaços verdes e é mais perceptível se estiver a favor do vento. As árvores têm sua importância, sobretudo no efeito sombra, visto que ajuda a tornar a temperatura mais agradável nos dias de verão (GONÇALVES et al., 2019), “[...] espécies como o jacarandá e o cinamomo reduzem de 2,3oC a 5,5oC a temperatura superficial das fachadas durante o verão” (MASCARÓ & MASCARÓ, 2010, p. 43).

A vida urbana é conhecida por evocar o aumento do estresse mental e o estresse é reconhecido como um fator que piora a saúde da população. A vegetação urbana pode desempenhar um papel importante para melhorar a saúde física e reduzir a experiência do estresse (GRAHN & STIGSDOTTER, 2003; TAYLOR et al., 2015). A vegetação e o acesso a ela visual e fisicamente são as principais chaves para a saúde nas áreas urbanas, ela gera saúde física e psicológica e bem-estar para os cidadãos que frequentam espaços verdes urbanos, mas também para toda a população (SARAIVA, 2005).

Um dos benefícios oferecidos pela vegetação urbana é a melhoria na drenagem da água. Os tipos de uso do solo com cobertura de vegetação apresentam taxas de infiltração de precipitação significativamente maiores e escoamento de água superficial reduzido do que o uso do solo com menor cobertura vegetal (NUCCI, 2008; BERLAND et al., 2017).

No contexto urbano, o contraste entre a natureza e os ambientes artificiais é fortemente expresso e os cidadãos urbanos percebem áreas verdes como gerador da qualidade de vida. Por um lado, a recreação contribui diretamente para a qualidade de vida. Por outro lado, os cidadãos estão conscientes dos serviços ambientais, como a mitigação da poluição atmosférica e a influência sobre o clima proporcionado pelos espaços verdes urbanos. Outro aspecto é o contributo indireto para a qualidade de vida de toda a comunidade utilizando infraestruturas verdes (vias verdes) para o transporte (FERREIRA, 2010; ANDREUCCI, 2017).

De acordo com estudos sobre o Índice da Cobertura Vegetal nas cidades/ área urbana (ICV), o recomendável de cobertura vegetal para o adequado balanço térmico nas áreas urbanas está em torno de 30%, em áreas onde o índice é inferior a 5%, as características climáticas se assemelham a regiões desérticas (OKE, 1973).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda um mínimo de 12 m² de área verde por habitante (ARRUDA et al., 2013; REDE SOCIAL BRASILEIRA POR CIDADES JUSTAS E SUSTENTÁVEIS, 2018).

A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) recomenda um mínimo de 15 m² de área verde por habitante para que venham cumprir plenamente suas funções social e ambiental de fornecer bem-estar, lazer, recreação, isolamento acústico e microclima, entre outros benefícios (LUCON et al., 2013).

O monitoramento ambiental espacial é uma alternativa de controle básica sobre a evolução das características da área problema. Para acompanhar a evolução das características de certa área é necessária a realização de um diagnóstico da situação atual, que nada mais seria do que uma imagem atual da área. “As técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações

Geográficas apresentaram-se eficientes na interpolação dos mapas temáticos [...]” (TABALIPA, 2008, p. 215).

Pato Branco, como grande parte dos municípios brasileiros, não tem apresentado um planejamento urbano adequado, fazendo com que os efeitos da degradação ambiental sejam “[...] constatados em diversas áreas do município, causados, especialmente, pela ocupação desordenada e pela não consideração das condicionantes geológico-geotécnicas na utilização de seu espaço territorial” (TABALIPA, 2008, p. 2).

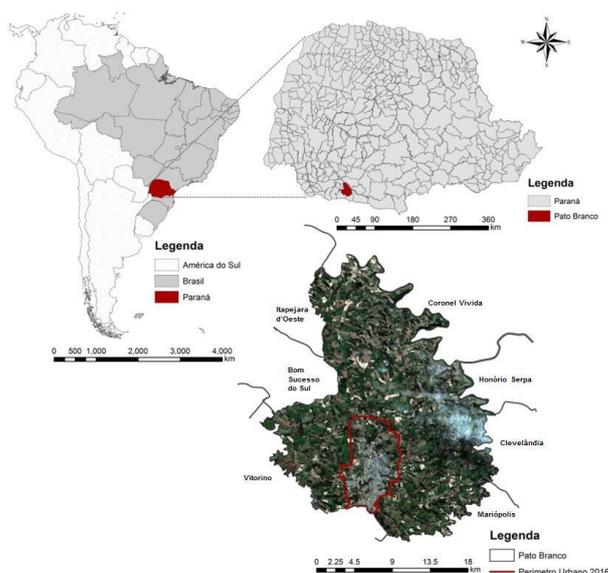
Com o crescimento nas diversas áreas econômicas e desenvolvimento imobiliário no município de Pato Branco, observa-se a acelerada expansão urbana. Esta por sua vez requer planejamento tanto dos investidores quanto do poder público, pois ocorre grande interferência em relação à sustentabilidade municipal, trazendo uma preocupação com a preservação ambiental.

Este trabalho teve como objetivo analisar a evolução das áreas verdes do município de Pato Branco entre os anos de 1980 a 2016 por meio de levantamento e mapeamento, empregando ferramentas do sensoriamento remoto.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo deu-se na área urbana de Pato Branco. O município localiza-se na região Sudoeste do Estado do Paraná (Figura 01). Seu território abrange uma área de 539,029 km², localizando-se entre as coordenadas geográficas 26°13'43”S e 52°40'14”W. A população urbana em 2010 era de 72.370 habitantes, dos quais 68.091 (94,087%) residiam na área urbana e a população de 2016 é de 79.869 habitantes (IBGE, 2010). Seu acesso principal é feito pela BR 158.

Figura 01 - Localização do município e municípios limítrofes de Pato Branco no estado do Paraná e deste no Brasil.



É limitado a Noroeste pelo município: Bom Sucesso do Sul, a Norte: Itapejara D’Oeste, a Nordeste: Coronel Vivida, a Leste: Honório Serpa, a Sudoeste: Clevelândia, a Sul: Mariópolis e a Sudoeste: Vitorino. Encontra-se a uma distância de 433,53 km da capital Curitiba (IPARDES, 2018).

3 APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO EM ÁREAS URBANAS

O conceito de Sensoriamento Remoto pode ser abordado de diferentes maneiras, este teve seu início com invenção da câmera fotográfica, as primeiras fotos aéreas foram tiradas em balão, com uma câmera sendo o primeiro instrumento utilizado para capturar fotos aéreas.

Sensoriamento remoto consiste na utilização conjunta de modernos instrumentos (sensores), equipamentos para processamento e transmissão de dados e plataformas (aéreas ou espaciais) para carregar tais instrumentos e equipamentos, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra, em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2010; PIJANOWSKI et al., 2014).

Monitorar as mudanças na superfície da Terra, usando sensoriamento remoto, é amplamente utilizado em diferentes aplicações, como: mudança de uso e cobertura do solo (SALMON et al., 2013; HUANG et al., 2019); monitoramento de desastres (VOLPI et al., 2013; MARTINIS et al., 2018); crescimento e expansão urbana (RAJA et al., 2013; WANG et al., 2018); hidrologia (DRONOVA et al., 2011; LUO et al., 2019) e mudança da vegetação (MARKOGIANNI et al., 2013; ZHAO et al., 2019).

Para o controle da expansão urbana a partir de técnicas convencionais que se baseiam em levantamentos de campo e/ou aerofotogramétricos, essas demandam tempo e recursos elevados, gerando problemas para a avaliação do crescimento urbano.

O sensoriamento remoto torna-se uma alternativa viável e de custo relativamente baixo comparando a outras técnicas de aquisição de dados, bem como a facilidade de aquisição e manuseio de imagens de satélites e a periodicidade de obtenção dessas informações.

O ponto que dificulta a utilização em estudos de ambientes como os de áreas urbanas se dá pela complexidade de feições encontradas, tais como: concreto, asfalto, telhados, solo exposto, grama, árvores, água, etc (COSTA, 1996; DURÁN, 2014; POURSANIDIS et al., 2015).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Os documentos oficiais (mapas, fotografias e imagens de satélite) foram colhidos em diversas instituições:

- Secretaria de Planejamento Urbana de Pato Branco (SPU-PB);
- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco (UTFPR-PB);
- Instituto Ambiental do Paraná (IAP);
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Para analisar a presença das áreas verdes urbanas no município de Pato Branco, buscou-se material de 1980, 2005 e 2016, bem como, os mapas dos limites do município e malha urbana, obtido na SPU-PB.

O parâmetro para a escolha das imagens e períodos deve-se a disponibilidade desse material pelos órgãos, a fotografia aérea disponíveis no IAP e as imagens de satélite de alta resolução disponibilizadas pelo Departamento de Agrimensura da UTFPR-PB.

Foram utilizadas fotografias históricas, com a finalidade de registrar as informações das áreas levantadas com os resultados obtidos das fotografias aéreas e imagens de satélite.

4.1.1 Sensoriamento Remoto

Foi realizado levantamento da interferência que a área verde sofreu no perímetro urbano com os seguintes materiais:

- Fotografia aérea vertical pancromática de 1980 em escala 1:25.000, pertencente a mapoteca do ITCF, fonte IAP;
- Imagens do satélite QuickBird 2005, com resolução espacial de 0,60 m, fonte UTFPR-PB;
- Imagens do satélite Pleiades 2016, com resolução espacial de 0,50 m, fonte UTFPR-PB.

4.2 Métodos

4.2.1 Softwares

O ArcGIS é um software de processamento de imagens que pode ser utilizado para diferentes pesquisas espaciais, de modo a expandir as técnicas de geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica (SIG), resultando em completos bancos de dados. Utilizou-se desta ferramenta para o desenvolvimento das imagens e levantamentos de dados provenientes deste estudo. O software utilizado para este trabalho pertence aos laboratórios de Topogeo, Geodésia, Cartografia e Geoprocessamento, atendendo os cursos de Agrimensura, Engenharia Civil e Agronomia da UTFPR-PB. Versão utilizada 10.0.

4.2.2 Elaboração e processamento das imagens

Para estabelecer uma padronização para este estudo temporal, foram aplicadas diversas técnicas para Processamento Digital de Imagens (PDI), com objetivo de minimizar as diferenças entre as fontes de dados disponíveis. Entre todas as técnicas empregadas, este estudo fez uso, por ordem, das seguintes correções nos arquivos utilizados, explicadas no Quadro 01:

Quadro 01 - Processamento das imagens

Etapas do processamento digital de imagens	
Reprojeção para o Referencial Geodésico Atual	A fotografia aérea do ano de 1980 foi adquirida impressa, e passou por processo de escaneamento. As imagens de satélite foram disponibilizadas no sistema geocêntrico WGS 1984 (<i>World Geodetic System, 1984</i>). Para compatibilizar as imagens utilizadas neste estudo temporal com a legislação vigente no Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), todas as imagens foram referenciadas para o sistema geocêntrico SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, Ano 2000). Segundo o IBGE (2005), este é o elipsóide ou <i>Datum</i> que deve fazer parte de todos os projetos de mapeamento no Brasil com vigor desde 2015.
A Reamostragem de <i>Pixel</i>	Na fotogrametria digital, o levantamento de uma área por meio de um aerolevante possui o indicativo de resolução GSD para classificar a menor unidade presente no arquivo <i>raster</i> . Para aquisição de uma região de estudo por meio de imagens de satélite, a resolução espacial é o parâmetro indicador para a célula da imagem obtida por meio de varredura ou imageamento. Sendo assim, a técnica conhecida como reamostragem de <i>pixel</i> foi à primeira tarefa de PDI empregada neste estudo temporal após a definição do sistema SIRGAS 2000 em todos os insumos. Durante o processo de reamostragem, todos os pixels ou células dos arquivos <i>rasters</i> foram dimensionados para a resolução GSD de 1 m ou resolução espacial de 1 m.
O Georreferenciamento de todas as imagens	Por não possuir parâmetros para correção geométrica, a fotografia aérea e imagens de satélite utilizadas neste estudo foram submetidas uma a uma ao processo de registro de imagem ou georreferenciamento com distribuição de pelo menos quinze pontos de controle sobre cada arquivo. Todo o processo de registro foi aplicado no <i>software</i> ArcMap com saída de interpolação em convolução cúbica para suavização das áreas de borda. Embora o processo tenha sido fundamental para o trabalho, uma segunda tarefa de registro de imagem foi aplicada, o registro automático de imagem.
O Mosaico de Imagens	Em Sensoriamento Remoto, o Mosaico pode ser compreendido como o processo de geração de uma imagem a partir de um conjunto de imagens georreferenciadas. Para executar esta tarefa com êxito, verificou-se o tamanho da célula em cada arquivo para evitar problemas durante o processo. O mosaico foi gerado para o grupo das fotografias aéreas de 1980 (18 imagens). Para o grupo das imagens orbitais classificadas pelos anos 2005 e 2016, não houve processo de mosaico, pois as imagens foram entregues em sua composição final.
O Recorte de Imagens	Após a geração do mosaico para cada intervalo temporal, aplicou-se um recorte por meio de uma máscara vetorial projetada de acordo com o perímetro urbano do município de Pato Branco-PR de 2016.

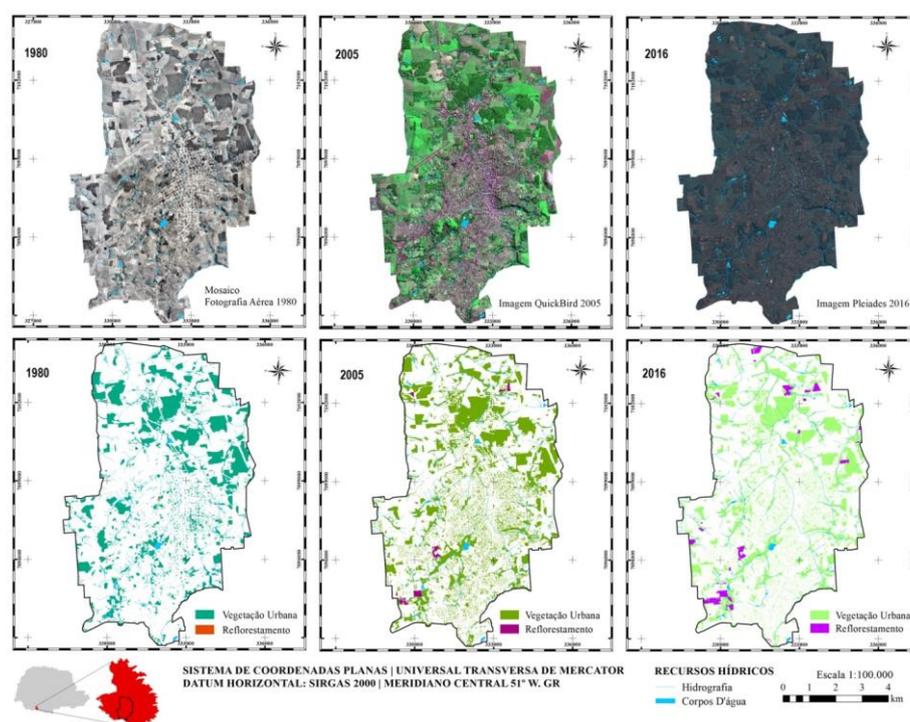
<p>A Correção Geométrica Automática</p>	<p>A fotografia aérea não foi submetida ao processo de correção geométrica, conhecido como ortorretificação e isso causou uma impossibilidade de análise da vegetação. Para minimizar os efeitos de deslocamento, aplicou-se um registro automático tendo como base a imagem de 2016.</p> <p>O processo para registro automático do mosaico de 1980 se fez necessário para correção das distorções ocasionadas pelo dado original. A correção foi aplicada no modo <i>AutoSync</i> do aplicativo <i>ERDAS Imagine</i>.</p> <p>O <i>Autosync</i> possui um algoritmo que compara o posicionamento de duas imagens, que assumem os papéis de “entrada” e “referência”. Quando esses <i>rasters</i> são posicionados na ferramenta, o assistente para ajuste de posicionamento distribui de forma automática centenas ou milhares de <i>Tile Points</i> (Pontos de Passagem) e <i>Check Points</i> (Pontos de Verificação) identificando regiões semelhantes nas duas imagens. Após essa distribuição, aplica-se uma Transformação Polinomial de 1ª Ordem sobre a imagem que apresenta o deslocamento. Este processo foi aplicado no mosaico de 1980 e na imagem de 2005.</p>
<p>A Interpretação e a Vetorização da Vegetação</p>	<p>Após uma série de resultados utilizando a classificação supervisionada pelo método <i>MaxVer</i> e classificação não supervisionada pelo método <i>ISODATA</i>, e por segmentação, os resultados apresentados não foram satisfatórios, estes apresentavam confusão com outros usos do solo, como agricultura. Desse modo, optou-se por classificar a vegetação manualmente, em todo material.</p>

5 APRESENTAÇÃO DE DADOS

Os SIGs têm sido amplamente aplicados para diversos tipos de manipulação de dados geoespaciais. Desse modo, foram utilizadas fotografias aéreas e imagens orbitais da área de estudo, que permitiram uma análise da vegetação. Com o auxílio do software ArcGIS, foi possível aplicar os princípios da álgebra de mapas em três diferentes mapas, cada um deles representando a vegetação em períodos distintos (1980, 2005 e 2016 – Figura 02). Aplicou-se a álgebra entre (1980 - 2005) e (2005 - 2016), cuja interação identificasse as áreas de conservação, perda e ganho de vegetação.

O termo Álgebra de Mapas é utilizado na literatura de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para denotar o conjunto de operadores, onde as variáveis manipuladas são campos geográficos (imagens, mapas temáticos e modelos numéricos de terreno) (BARBOSA, 1997). Dentre os tipos de operações possíveis estão à soma, subtração, divisão, multiplicação, média e também combinação booleana, fatiamento, reclassificação e ponderação.

Figura 02 - Apresentação das imagens e vegetação utilizadas para a elaboração da Álgebra de Mapas



6 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Monitoramento da vegetação a partir da álgebra de mapas entre os anos de 1980-2005 e 2005-2016

Nesse trabalho realizou-se a subtração entre os dados disponíveis, de 2005 para 1980 e de 2016 para 2005, esses mapas são apresentados nas Figuras 03 e 05, consecutivamente. Para que seja possível a subtração entre mapas, faz-se necessário que eles estejam no formato (raster ou matricial). Desse modo, os mapas foram convertidos para esse formato. Posteriormente, para levantamento de áreas foi utilizado a ferramenta Raster Calculator.

Por meio a Álgebra de Mapas entre os anos de 1980 e 2005, foi possível revelar as mudanças ocorridas nesse período de 25 anos. A Tabela 01 apresenta os dados obtidos na elaboração do mapa resultante da álgebra (Figura 03).

Tabela 01 – Monitoramento da vegetação entre os anos de 1980 e 2005

Análise comparativa 1980 - 2005		(km²)	(%)
Dados	Perímetro urbano - recorte da área de estudo	58,23	100
	Vegetação Unificada 1980	11,68	20,06
	Vegetação Unificada 2005	15,55	26,7
Álgebra	Vegetação Preservada 1980-2005 *	7,39	47,52
	Vegetação Perdida 1980-2005**	4,3	27,65
	Vegetação Nova 1980-2005***	8,16	52,48

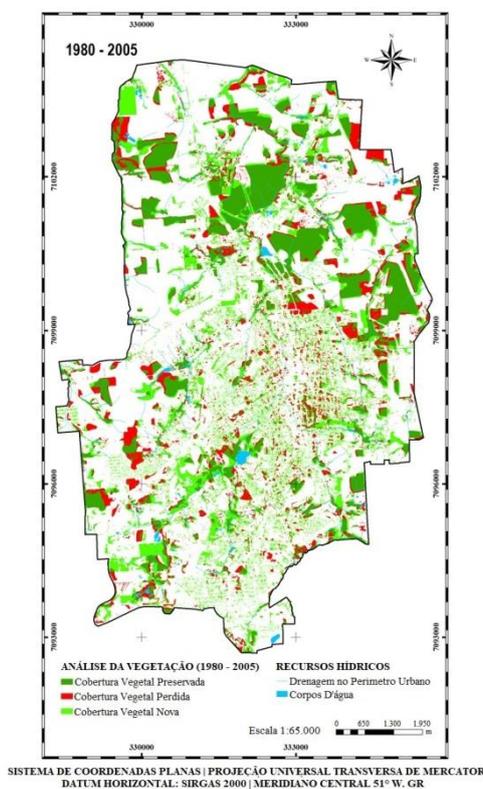
*área que existia em 1980 e que permaneceu até 2005

**área que existia em 1980 e que foi desmatada até 2005

*** área que não existia em 1980 e que surgiu até 2005

Após o levantamento da vegetação e da área de reflorestamento, criou-se a classe Vegetação Unificada, resultados da soma das duas classes, sendo de 11,68 km² em 1980 e 15,55 km² em 2005. O resultado da álgebra revela que dos 15,55 km² (26,7%) de vegetação apresentada em 2005, apenas 7,39 km² (47,52%) era originário da década de 1980, o restante 8,16 km² (52,48%) surgiram nesse intervalo de tempo, a área de vegetação desmatada representa 4,3 km², pouco mais de 27%. As áreas que apresentam maior surgimento de vegetação encontram-se na região Central, com algumas incidências de maior volume na região Sul, voltada para Oeste e Norte. Esses dados podem ser constatados na Figura 03.

Figura 03 – Álgebra de Mapas entre 1980 e 2005



A Figura 04 ilustra as alterações ocorridas no meio urbano e a relação do desenvolvimento com o meio ambiente. A Praça Presidente Getúlio Vargas

(imagem a) ganha novo projeto, e com isto é retirada toda vegetação para receber o novo paisagismo. A cidade ganha plantio de árvores nas calçadas as quais podem ser observadas em muitas ruas da cidade, principalmente na Avenida Tupi (imagens d-h). Nessa década o município implanta o Ginásio Dolivar Lavarda (imagens e-f), recebendo plantio de árvores no entorno e arborização nas calçadas. O Clube Grêmio Industrial Patobranquense (imagem g) é implantado em um grande espaço de área verde.

Embora tenha ocorrido esta arborização urbana, não houve planejamento adequado, uma vez que grandes áreas verdes foram devastadas para implantação de espaços de lazer e esportivo.

A década de 1980 é marcada pela enchente ocorrida no bairro Baixada Industrial em 1983 (Figura 04 - imagem i), constata-se, portanto que Pato Branco, não apresentou um planejamento urbano adequado, com isso sofreu os efeitos da degradação ambiental, causados, sobretudo pela ocupação “[...] desordenada e pela não consideração das condicionantes geológico-geotécnicas na utilização de seu espaço territorial” (TABALIPA, 2008, p. 2).

Figura 04 – Imagens do município, década de 1970 e 1980



a) Praça Presidente Getúlio Vargas, meados da década de 1970. Fonte: Acervo do Departamento Municipal de Cultura de Pato Branco; b) Vista parcial de Pato Branco em 1974. Fonte: Rudi Bodanese (2005) e c) Vista Praça Presidente Getúlio Vargas, fotografia de Rudi Bodanese, 1978. Fonte: Rudi Bodanese (2005)



d) Foto aérea, Avenida Tupi em 1983, fotografia de Rudi Bodanese. Fonte: Rudi Bodanese (2005); e) Vista aérea do início da construção do Ginásio Dolivar Lavarda, início da década de 1980. Fonte: autor desconhecido e f) Vista aérea do Ginásio Dolivar Lavarda em 1983. Fonte: Acervo do Departamento Municipal de Cultura de Pato Branco



g) Grêmio Industrial Patobranquense, década de 1980. Fonte: autor desconhecido; h) Avenida Tupi, cruzamento com a Rua Ibioporã, década de 1980. Fonte: autor desconhecido e i) Enchente no bairro Baixada Industrial, em 1983. Fonte: Acervo do Departamento Municipal de Cultura de Pato Branco

Por meio do levantamento da vegetação na área urbana apresentada no mapa de 1980 (Figura 03), pode-se constatar que as imagens da Figura 04, consubstanciam o ocorrido nesse período. A fotografia aérea de 1980, utilizada para este levantamento, revela a presença de arborização de calçadas, mas devido ao tamanho da copa e pixel da imagem, não foi possível vetorizá-las. Acredita-se que o fato de não contabilizar estas áreas, não influenciou de forma significativa o resultado desse levantamento. As áreas mais significativas foram encontradas em miolos de quadras, quintais e jardins. Outras foram percebidas em espaços de expansão urbana recente, exceto na região sul que apresentou grande expansão de vegetação. A região central também conta com a presença de vegetação junto a encostas nas proximidades do Fórum.

A área urbana da época ocupava 8,59 km², desta área apenas 10,3% eram espaços com vegetação. Comparando-se com a última década analisada, o índice de vegetação na área urbana diminuiu em 1%.

Outra álgebra de mapa foi realizada entre os anos de 2005 e 2016 (11 anos), os resultados desse monitoramento são apresentados na Tabela 02:

Tabela 02 – Monitoramento da vegetação entre os anos de 2005 e 2016

Análise comparativa 2005 - 2016		(km²)	(%)
Dados	Perímetro urbano - recorte da área de estudo	58,23	100
	Vegetação Unificada 2005	15,55	26,7
	Vegetação Unificada 2016	14,17	24,33
Álgebra	Vegetação Preservada 2005-2016*	10,39	73,32
	Vegetação Perdida 2005-2016**	5,16	36,41
	Vegetação Nova 2005-2016***	3,78	26,68

*área que existia em 2005 e que permaneceu até 2016

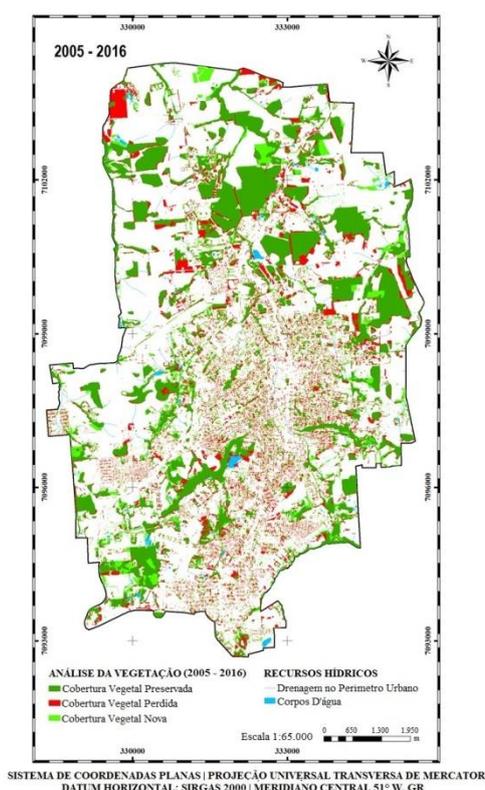
**área que existia em 2005 e que foi desmatada até 2016

*** área que não existia em 2005 e que surgiu até 2016

Analisando-se os dados representados no Quadro 03 obtidos por meio da elaboração da álgebra de mapas apresentada na Figura 05, foram perceptíveis as áreas que sofreram modificações nesse período. A vegetação em 2005 apresentava área de 15,55 km², sendo responsável por 26,7% do uso do solo urbano. Em 2016 a vegetação cobre apenas 14,17 km² da área urbana, pouco mais

de 24%, apresentando uma perda nesse intervalo de 2,37%. Ao analisar o comportamento da vegetação, percebe-se a grande área preservada, com grandes maciços verdes na região Norte, outras áreas no meio urbano apresentaram preservação, destas as que ganharam mais destaques são as encostas que além de preservar, apresentaram ganho de vegetação, apenas as encostas da Rua Pedro Ramires de Mello e da Rua Silvio Vidal no La Salle, apresentou perda de vegetação. Espaços no entorno da bacia de contenção, localizada no Bairro Santa Terezinha, também apresentaram perda, demais locais espalhados na malha urbana e áreas de expansão demonstraram o mesmo comportamento. Os resultados levantados de perda de vegetação foram superiores ao ganho, sendo esta de 5,16 km² (36%) e o ganho apenas de 3,78 km² (26,7%).

Figura 05 - Álgebra de Mapas entre 2005 e 2016



O mapa de 2005 da Figura 05 identifica pontos marcantes de ganho de vegetação, estes em sua maioria se deram nas encostas dos morros do município. A Figura 06 composta por 6 imagens, ilustram o referido levantamento, na imagem (a) pode-se perceber a encosta junto a Rua Pedro Ramires de Mello, em primeiro plano, na imagem (c) nota-se a encosta nas proximidades do Fórum, na imagem (g-h) a encosta do Bairro Menino Deus, nas proximidades do Clube Grêmio Industrial. As imagens (b-h) apresentam o descuido com o Rio Ligeiro, e parte de sua canalização. Imagens como a (f) indicam o crescimento de árvores nos bairros que antes se encontravam desprovidos de vegetação, imagens como a (e-i) apresentam os espaços de expansão e junto ao mapa pode-se perceber a falta de vegetação nesses novos espaços.

Figura 06 – Imagens do município, década de 2000 até o ano de 2005



a) Foto aérea da cidade, destacando encosta na Rua Pedro Ramires de Mello; b) Vista parcial do Centro, em destaque Rio Ligeiro passando atrás do Hospital Policlínica, 2002 e c) Vista da encosta entre o Bairro La Salle e Centro. Fonte: Acervo do Departamento Municipal de Cultura de Pato Branco.



d) Vista aérea da cidade, meados de 2000; e) Vista aérea da expansão urbana, meados de 2000 e f) Vista aérea do Bairro Novo Horizonte. Fonte: Acervo do Departamento Municipal de Cultura de Pato Branco



g) Encosta do Bairro Menino Deus em primeiro plano, 2005; h) Rio Ligeiro, nos fundos do Clube Grêmio Industrial Patobranquense, encosta que divide o Bairro Menino Deus e Santa Terezinha, fotografia de 2005 e i) Parque Industrial em primeiro plano, ao fundo lado direito início do Bairro Fraron, meados de 2000. Fonte: Acervo do Departamento Municipal de Cultura de Pato Branco

A Figura 07 traz informações preciosas do período analisado. Por exemplo, as imagens (a, b, c) apresentam vários focos de vegetação espalhadas na malha urbana, ruas arborizadas, ainda que de forma inadequada (já estão sendo repensadas pelos planejadores). Observa-se nas imagens (d-e) perda da vegetação do local, em decorrência do crescimento desenfreado da malha urbana, como constatado no mapa de 2016 (Figura 05).

Encostas de morro (imagem f) que até recentemente encontravam-se recobertas por vegetação, sucumbem à especulação imobiliária, onde antes era

considerada Área de Proteção Permanente (APP), muda-se o zoneamento em prol de interesses particulares e não urbanos.

Imagens como a (g-h-i) revelam a importância que a arborização representa, visto que além de proporcionar uma série de benefícios para a saúde, mental e física, dos que vivem nos meios urbanos, torna os espaços agradáveis e estes influenciam diretamente na qualidade de vida da população uma vez que controla a temperatura, diminui a poluição do ar e umidade do ar, permeabilidade do solo, proteção de encostas, sem citar o abrigo aos pássaros e as frutíferas.

Figura 07 – Imagens do município, ano de 2016



a)Foto aérea do município; b) Vista aérea parcial, região Norte. Fonte: Autores (2016) e c) Vista parcial da encosta do La Salle. Fonte: autor desconhecido



d) Vista parcial do Bairro Pinheiros (primeiro plano) e São Luiz (fundos). Fonte: Autores (2016); e) Vista aérea do Bairro Alvorada (novo loteamento) e Gralha Azul. Fonte: Google Maps (2016) e f) Rua Silvio Vidal Bairro La Salle, encosta com plantio de Pinus – retirada da vegetação. Fonte: Autores (2016)



g) Arborização de grande porte na Rua Primo Mioto, Bairro La Salle. Fonte: Autores (2016); h) Árvores Tibouchina granulosa, conhecida como Quaresmeiras, Rua Tapajós, Centro, 2016 e i) Praça Presidente Getúlio Vargas e os Ipês, 2016. Fonte: autor desconhecido

A década de 1980 é marcada pelo desenvolvimento urbano. O número de habitantes urbano chega a 31.470, e apresentava uma população rural de 14.467, superando, dessa forma, pela primeira vez, sua população rural. O crescimento urbano foi determinado por vários fatores dentre eles, a migração da população rural para o meio urbano, além do crescimento vegetativo na região.

Em 2005 ocorreu a transformação do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-PR) em Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) possivelmente essas mudanças influenciaram o planejamento urbano da época, incentivando o desenvolvimento para a região norte da cidade com a abertura de novos loteamentos como mostra o mapa de 2005 (Figura 5).

Neste período o perímetro ganhou maiores dimensões no sentido Leste/Oeste e na região norte, já na região sul ocorre uma diminuição do perímetro, impondo uma restrição a esta área que já se encontrava fortemente consolidada. Outro fator que fortalece a restrição do crescimento na região sul se dá por esta estar no limite da divisa com o município de Vitorino. Entende-se que esta nova configuração do espaço urbano se deu pela ocasião da revisão do Plano Diretor em 2008.

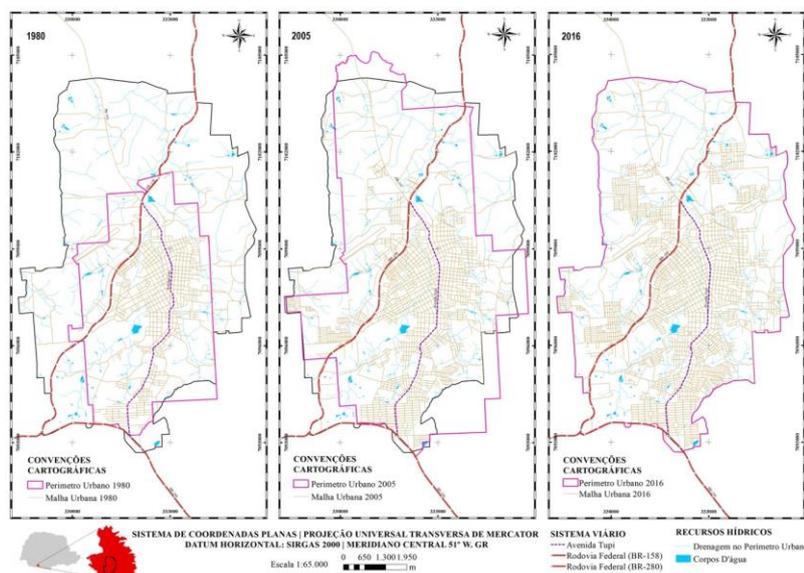
Existem vários fatores que podem potencializar o crescimento urbano. A oferta de crédito imobiliário com juros atrativos, nos últimos anos, favoreceu o cenário da construção civil e despertou o interesse dos mais diversos investidores, desde aqueles que já miravam e se envolviam com o setor, quanto os que vislumbraram uma oportunidade de multiplicação do capital. Este momento econômico acarretou em mudanças no processo produtivo do setor, bem como gerou grande demanda por novos imóveis e conseqüentemente novos loteamentos surgiram, porém, parte deste processo acaba gerando ampla especulação imobiliária, já que a oferta de terrenos passou a ser vista como uma oportunidade de investimento.

Em 2016 os limites do perímetro são definidos ao sul pela BR 158 e pelo próprio limite do município e nos demais limites seguem o alinhamento em função do leito de rios. No espaço urbano ocorre uma nova ampliação sentido leste, na região norte. Percebe-se ainda a criação de vários loteamentos na região norte, incentivando maior desenvolvimento nesta região. A ocupação urbana fez diminuir a cobertura vegetal original do solo e continuará a diminuir.

O que se observa é que desde a década de 1980 até o ano de 2016, o crescimento urbano foi se consolidando muitas vezes sem um planejamento urbano formalizado. A ocupação urbana de forma desordenada avançou sobre as nascentes e cursos d'água do manancial da bacia do Rio Ligeiro.

Embora o Município tenha adotado políticas que restringiram o crescimento do perímetro urbano da região sul, os resultados obtidos não foram expressivos, dado que nessa região o ideal seria uma menor densidade demográfica. Em função da ocupação da região sul da cidade acarretar risco de inundações, por conter a principal bacia hidrográfica, o município optou em expandir áreas onde há baixa densidade demográfica. A expansão para o Norte revela indício de especulação imobiliária, já que ficou constatado por meio da imagem de satélite o grande número de loteamentos vazios (Figura 08).

Figura 08 - Apresentação gráfica da alteração espaço-temporal do perímetro urbano e malha urbana de Pato Branco no período de 1980, 2005 e 2016



Esses fatores mencionados trouxeram e podem continuar a trazer à cidade um crescimento urbano desordenado, sob a ótica do planejamento, caso não receba um tratamento técnico. A história do município até os dias atuais (1980 a 2016) evidenciam forte vigor e impacto que viabilizam um alto índice de crescimento populacional (140%) juntamente com um aumento da ocupação do solo, através de novos loteamentos e suas construções.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ano de 1980 a área verde cobria 20% da área total urbana (11,68 km²) no município de Pato Branco. Em 2005 este índice passou para 26,7% (15,55 km²). O que se observa é que nestes 25 anos houve uma tímida recuperação de áreas verdes perdidas, que podem ser visualizadas nas imagens (Figura 06). No ano de 2016 a vegetação nesta área equivale a 24,33% (14,17 km²). Esta tendência crescente dos Índices da Cobertura Vegetal na cidade/área urbana (ICV) é justificada pela proposta de arborização da década de 1980. No entanto, estes índices continuam preocupantes, visto que o ICV, recomendável está em torno de 30%.

As dificuldades enfrentadas para o avanço da cobertura vegetal do município de Pato Branco e conseqüentemente dos ICV entre 1980 e 2016, podem ser explicadas pelo elevado crescimento populacional do Município (31.470 habitantes em 1980 e 75.720 habitantes em 2016), o equivalente a 140%.

Os bairros da região sul apresentam-se fortemente consolidados. Por isso, fez-se necessário expandir a região norte, que por sua vez, já apresenta comprometimento de áreas verdes cedidas para loteamentos (Imagem 08).

Estes dados possibilitam em parte o reconhecimento de áreas que carecem de intervenção urgente, e por outro lado, evidencia-se a necessidade de se preservar a cobertura vegetal ainda existente no município, a criação de áreas verdes e

plântio de árvores nas avenidas e ruas, devem avançar para com isso possibilitar qualidade ambiental do município e qualidade de vida aos habitantes.

Por fim, sugere-se a realização de estudos futuros do mapeamento da cobertura vegetal e análise dos índices de cobertura vegetal, empregando-se outras metodologias e imagens de alta resolução espacial e análise qualitativa.

AGRADECIMENTOS

Este agradecimento é atribuído a toda a equipe do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PPGDR) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela oportunidade de prosseguir com este aprendizado, pelos trabalhos realizados, desafios superados, objetivos conquistados, conhecimentos adquiridos, amizades construídas e crescimento pessoal e profissional. Em especial aos professores Ney Lyzandro Tabalipa e Volmir Sabbi a quem tenho muita gratidão, pela amizade, pelas orientações, ensinamentos, direcionamentos e contribuições para o desenvolvimento da dissertação e do presente artigo, bem como por sempre motivar e incentivar as pesquisas realizadas.

Vegetation analysis from multimedia remote sensing data in the municipality of Pato Branco-PR

ABSTRACT

The urban expansion in the municipality of Pato Branco in Paraná has occurred in a disorderly way. In order to better diagnose this expansion between the years 1980 and 2016, a study of the vegetation behavior of the municipality was carried out through the use of a mosaic of aerial photographs (1980), satellite imagery QuickBird (2005) and Pleiades (2016). Using a set of data and multitemporal analysis it was possible to map the vegetation cover of the municipality over time, generating information that can support planning. The results of the survey indicated that the area of the vegetation cover of the municipality of Pato Branco did not reduce between 1980 and 2005. In 1980 there was a coverage of 20% (11.68 km²) of the total urban area, in 2005 this index went to 26.7% (15.55 km²), and in the year 2016 the index fell by 2.37% to 24.33% (14.17 km²). In all the analyzed periods the VIC, was below the recommended one that is of 30%. The difficulties faced for the advance of the vegetation cover of the municipality of Pato Branco and consequently of the VIC between 1980 and 2016 can be explained by the high population growth of the Municipality, equivalent to 140%.

KEY WORDS: Environmental monitoring. Vegetation. Remote sensing. Urban expansion. Urban planning.

REFERÊNCIAS

ANDREUCCI, M. B. Progettare Green Infrastructure Tecnologie, Valori e Strumenti per la Resilienza urbana. Wolters Kluwer: Milano, Italy, 2017.

ANGULURI, R.; NARAYANAN, P. Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 25, p. 58-65, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.04.007>

ARRUDA, L. E. V.; SILVEIRA, P. R. S.; VALE, H. S. M.; SILVA, P. C. M. Índice de área verde e de cobertura vegetal no perímetro urbano central do município de Mossoró-RN. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n. 2, p. 13-17, 2013.

BARBOSA, C. C. F. Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. 157 p. Dissertação Mestrado. São José dos Campos: INPE, 1997.

BERLAND, A.; SHIFLETT, S. A.; SHUSTER, W. D.; GARMESTANI, A. S.; GODDARD, H. C.; HERRMANN, D. L.; HOPTON, M. E. The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, v. 162, p. 167-177, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>

BRANCO, S. M. Ecologia na cidade. São Paulo: Moderna, 1991. (Coleção desafios).

COSTA, S. M. F. da. Metodologia alternativa para o estudo do espaço metropolitano, integrando as tecnologias de SIG e sensoriamento remoto - aplicação à Área Metropolitana de Belo Horizonte. 200 p. Tese (Doutorado). Doutorado em Informação Espacial - POLI/USP- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.

DRONOVA, I.; GONG, P.; WANG, L. Object-based analysis and change detection of major wetland cover types and their classification uncertainty during the low water period at Poyang Lake, China. *Remote Sensing of Environment*, v. 115, n. 12, p. 3220-3236, 2011. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.07.006>

DURÁN, G. Y. B. Estudo da resposta espectral de alvos urbanos com espectroscopia de reflectância e imagens de alta resolução espacial. 209 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

EPPS, T. H.; HATHAWAY, J. M. Using spatially-identified effective impervious area to target green infrastructure retrofits: A modeling study in Knoxville, TN. *Jornal*

of Hydrology, v. 575, p. 442-453, 2019. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.062>

FERREIRA, J. C. Estrutura ecológica e corredores verdes. Estratégias territoriais para um futuro urbano sustentável. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2010.

GONÇALVES, A.; RIBEIRO, A. C.; MAIA, F.; NUNES, L.; FELICIANO, M. Influence of Green Spaces on Outdoors Thermal Comfort—Structured Experiment in a Mediterranean Climate. *Climate*, v. 7, n. 2 p. 20. doi:
<https://doi.org/10.3390/cli7020020>

GRAHN, P.; STIGSDOTTER, U. A. Landscape planning and stress. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 2, n. 1, p. 1–18, 2003. doi: <http://dx.doi.org/10.1078/1618-8667-00019>

HUANG, C.; HUANG, X.; PENG, C.; ZHOU, Z.; TENG, M.; WANG, P. Land use/cover change in the Three Gorges Reservoir area, China: reconciling the land use conflicts between development and protection. *Catena*, v. 175, p. 388-399, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.002>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 1872, 1890, 1900, 1920,1940, 1950, 1960,1970, 1980,1991, 2000 e 2010. Disponível em:
<<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4&uf=00>>. Acesso em: 20 jun. 2018.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). Caderno estatístico município de Pato Branco Disponível em: <www.ipardes.gov.br>. Acesso em: 18 nov. 2018.

KABISCH, N.; HAASE, D.; ANNERSTEDT VAN DEN BOSCH, M. Adding natural areas to social indicators of intra-urban health inequalities among children: A case study from Berlin, Germany. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 13, n. 8, p. 783, 2016. doi:
<https://dx.doi.org/10.3390/ijerph13080783>

LEFEBVRE, H. O Direito à cidade. São Paulo: Centauro, 2001.

LENZHOLZER, S.; KLEMM, W.; VASILIKOU, C. Qualitative methods to explore thermo-spatial perception in outdoor urban spaces. *Urban Climate*, v. 23, p. 231-249, 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.10.003>

LIU, W.; CHEN, W.; PENG, C. Assessing the effectiveness of green infrastructures on urban flooding reduction: a community scale study. *Ecological Modelling*, v. 291, p. 6-14, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.07.012>

LUCON, T. N.; FILHO, J. F. P.; SOBREIRA, F. G. Índice e percentual de áreas verdes para o perímetro urbano de Ouro Preto, MG. *Revsbau*, Piracicaba, SP, v. 8, n. 3, p. 63-78, 2013.

LUO, W.; XU, X.; LIU, W.; LIU, M.; LI, Z.; PENG, T.; XU, C.; ZHANG, Y.; ZHANG, R. UAV based soil moisture remote sensing in a karst mountainous catchment. *Catena*, v. 174, p. 478-489, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.11.017>

MARKOGIANNI, V.; DIMITRIOU, E.; KALIVAS, D. P. Land-use and vegetation change detection in Plastira artificial lake catchment (Greece) by using remote-sensing and GIS techniques. *International Journal of Remote Sensing*, v. 34, n. 4, p. 1265-1281, 2013. doi: <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.718454>

MARTINIS, S.; PLANK, S.; ČWIK, K. The use of Sentinel-1 time-series data to improve flood monitoring in arid areas. *Remote Sensing*, v. 10, n. 4, p. 583, 2018. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10040583>

MASCARÓ, L. & MASCARÓ, J. L. *Vegetação urbana*. 3. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2010.

MEXIA, T.; VIEIRA, J.; PRÍNCIPE, A.; ANJOS, A.; SILVA, P.; LOPES, N.; FREITAS, C.; SANTOS-REIS, M.; CORREIA, O.; BRANQUINHO, C.; PINHO, P. Ecosystem services of urban parks under the magnifying glass. *Environmental Research*, v. 160, p. 469-478, 2018. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.10.023>

MILIOLI, G. O pensamento ecossistêmico para uma visão de sociedade e natureza e para o gerenciamento integrado de recursos. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. ed. UFPR, n. 15, p. 75-87, jan./jun. 2007.

MITTERBOECK, M.; KORJENIC, A. Analysis for improving the passive cooling of building's surroundings through the creation of green spaces in the urban built-up area. *Energy and Build*, v. 148, p. 166-181, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.02.005>

MOTA, S. *Urbanização e meio ambiente*. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NOVO, E. M. L. de M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. 4 ed. rev. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: Humanistas, 2008.

OKE, T.R. Evapotranspiration in urban areas and its implications for urban climate planning. Estocolmo: The Nacional Swedish Institute for Building Reserch, Conference Teaching the Teachers on Building Climatology: Proceedings, v. 2, 1973.

PIJANOWSKI, B. C.; TAYYEBI, A.; DOUCETTE, J.; PEKIN, B. K.; BRAUN, D.; PLOURDE, J. A big data urban growth simulation at a national scale: configuring the GIS and neural network based Land Transformation Model to run in a High Performance Computing (HPC) environment. *Environmental Modelling & Software*, v. 51, p. 250-268, 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.09.015>

POURSANIDIS, D.; CHRYSOULAKIS, N.; MITRAKA, Z. Landsat 8 vs. Landsat 5: A comparison based on urban and peri-urban land cover mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 35, Part B, p. 259-269, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2014.09.010>

RAJA, R. A. A.; ANAND, V.; KUMAR, A. S.; MAITHANI, S.; KUMAR, V. A. Wavelet based post classification change detection technique for urban growth monitoring. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, v. 41, n. 1, p. 35-43, 2013. doi: <https://doi.org/10.1007/s12524-011-0199-7>

REDE SOCIAL BRASILEIRA POR CIDADES JUSTAS E SUSTENTÁVEIS. Área verde por habitante. Disponível em: <<http://www.redesocialdecidades.org.br/area-verde-por-habitante>>. Acesso em: 16 mai. 2018.

SALMON, B. P.; KLEYNHANS, W.; VAN DEN BERGH, F.; OLIVIER, J. C.; GROBLER, T. L.; WESSELS, K. J. Land cover change detection using the internal covariance matrix of the extended kalman filter over multiple spectral bands. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, v. 6, n. 3, p. 1079-1085, 2013. doi: [10.1109/JSTARS.2013.2241023](https://doi.org/10.1109/JSTARS.2013.2241023)

SARAIVA, A. P. Princípios de arquitetura paisagista e de ordenamento do território. Porto: João Azevedo, 2005.

SMITHERS, R. J.; DOICK, K. J.; BURTON, A.; SIBILLE, R.; STEINBACH, D.; HARRIS, R.; GROVES, L.; BLICHARSKA, M. Comparing the relative abilities of tree species to cool the urban environment. *Urban Ecosystems*, v. 21, p. 851-862, 2018. doi: <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0761-y>

SWAPAN, M. S. H.; IFTEKHA, M. S.; LI, X. Contextual variations in perceived social values of ecosystem services of urban parks: A comparative study of China and Australia. *Cities*, v. 61, p. 17-26, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.11.003>

TABALIPA, N. L. Estudo da estabilidade de vertentes da bacia do rio ligeiro, Pato Branco, Paraná. 243 p. Tese (Doutorado). Curso de Pós-graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

TAYLOR, M. S.; WHEELER, B. W.; WHITE, M. P.; ECONOMOU, T.; OSBORNE, N. J. Research note: Urban street tree density and antidepressant prescription rates— A cross-sectional study in London, UK. *Landscape and Urban Planning*, v. 136, p. 174-179, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.12.005>

VOLPI, M.; PETROPOULOS, G. P.; KANEVSKI, M. Flooding extent cartography with Landsat TM imagery and regularized kernel Fisher's discriminant analysis. *Computers & Geosciences*, v. 57, p. 24-31, 2013. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2013.03.009>

WANG, L.; ZHU, J.; XU, Y.; WANG, Z. Urban built-up area boundary extraction and spatial-temporal characteristics based on land surface temperature retrieval. *Remote Sensing*, v. 10, n. 3, p. 473, 2018. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10030473>

ZHAO, A.; ZHANG, A.; LIU, J.; FENG, L.; ZHAO, Y. Assessing the effects of drought and “Grain for Green” Program on vegetation dynamics in China's Loess Plateau from 2000 to 2014. *Catena*, v. 175, p. 446-455, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.013>

Recebido: 10 ago. 2019.

Aprovado: 18 nov. 2019.

DOI: 10.3895/rbpd.v8n3.8928

Como citar: KUNEN, A.; TABALIPA, N. L.; SABBI, V. Análise da vegetação a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Pato Branco-PR. *R. bras. Planej. Desenv.* Curitiba, v. 8, n. 3, p. 433-456, set./dez. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Adriana Kunen

Via do Conhecimento, s/n - KM 01 – Fraron - Pato Branco - PR

Direito autorial: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

