

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL EM ÁREA
DE EXPANSÃO URBANA NA CIDADE DE
CUIABÁ-MT**

YASMINE IBRAHIM ALI MARTINS

Prof.^a Dr.^a FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS

**Cuiabá, MT
Outubro de 2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL EM ÁREA
DE EXPANSÃO URBANA NA CIDADE DE
CUIABÁ-MT**

YASMINE IBRAHIM ALI MARTINS

*Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Física Ambiental da
Universidade Federal de Mato Grosso,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Física Ambiental.*

Prof.^a Dr.^a FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS

**Cuiabá, MT
Outubro de 2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

I14a Ibrahim Ali Martins, Yasmine.

Análise da qualidade ambiental em área de expansão urbana na cidade de Cuiabá-MT [recurso eletrônico] / Yasmine Ibrahim Ali Martins. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 117 f., il. color., pdf). -- 2022.

Orientadora: Flávia Maria de Moura Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2022.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Uso do solo. 2. Cobertura da terra. 3. Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). I. Santos, Flávia Maria de Moura, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL EM ÁREA DE EXPANSÃO URBANA NA CIDADE DE CUIABÁ

AUTORA: MESTRANDA YASMINE IBRAHIM ALI MARTINS

Dissertação defendida e aprovada em **14 de OUTUBRO de 2022**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Profa. Dra. FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS (Presidente da Banca / **Orientadora**)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

2. Profa. Dra. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

3. Profa. Dra. DIANA CAROLINA JESUS DE PAULA (Membro Externo)

UNIVERSIDADE DE VÁRZEA GRANDE

CUIABÁ, 14/10/2022.



Documento assinado eletronicamente por **SERGIO ROBERTO DE PAULO**, **Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT**, em 28/11/2022, às 08:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **FLAVIA MARIA DE MOURA SANTOS**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 28/11/2022, às 08:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diana Carolina Jesus de Paula**, **Usuário Externo**, em 28/11/2022, às 10:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 29/11/2022, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5332913** e o código CRC **B456A9DD**.

DEDICATÓRIA

A Deus por ter me mantido firme nessa jornada desafiadora, aos meus familiares, e ao meu namorado, futuro esposo, pelo amor e por ter sido tão compreensivo nessa fase da minha vida.

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus pela minha vida com muita saúde, que me possibilitou concluir mais esse ciclo;
- À Prof^ª Dr^ª Flávia Maria de Moura Santos, pela paciência, confiança, apoio, incentivo, ensinamentos e grande amizade;
- À Prof^ª Dr^ª Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, pelo incentivo na jornada da pesquisa, bem como as contribuições para aperfeiçoamento deste trabalho;
- À Prof^ª Dr^ª Diana Carolina Jesus de Paula, pelas valiosas contribuições dadas à pesquisa, que enriqueceram o trabalho realizado;
- A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental/IF, Universidade Federal de Mato Grosso, que compartilharam seus conhecimentos;
- Aos companheiros da Pós-Graduação, em especial: Bruno, Bárbara e Sophia, pelo apoio e incentivo na realização desta pesquisa;
- A todos os familiares e amigos pelo incentivo, compreensão e apoio no decorrer do mestrado;
- A minha amiga, Jéssica, por todo o apoio e auxílio durante a realização deste trabalho;
- Ao meu amigo, Gabriel, que me ajudou, mesmo de longe, com seus conhecimentos e me tranquilizou nos momentos complicados;
- Ao meu amigo, Rodrigo, que esteve presente me apoiando em todas as etapas;
- Ao meu namorado, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo. Esteve o tempo todo ao meu lado, me acalmando nos momentos mais difíceis;
- Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro durante a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE QUADROS	v
LISTA DE ABREVIACÕES E/OU SÍMBOLOS	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. O CONCEITO DE QUALIDADE AMBIENTAL URBANA	7
2.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA	13
2.2.1. Definição de Indicadores Ambientais.....	13
2.2.2. Sistemas de Indicadores Ambientais	14
2.2.3. Indicadores Ambientais.....	17
2.2.3.1. <i>Clima e Poluição Atmosférica</i>	18
2.2.3.2. <i>Cobertura Vegetal</i>	20
2.2.3.3. <i>Espaços Livres e Áreas Verdes</i>	21
2.2.3.4. <i>Enchentes</i>	22
2.2.4. Qualidade ambiental: abordagens práticas.....	24
2.2.5. Metodologia proposta por Liberti & Nucci (2018)	27
3. ÁREA DE ESTUDO	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	38
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	46
5.1. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	46

5.2.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	55
5.2.1.	Agrupamento das Classes de Uso do Solo e Cobertura da Terra.....	55
5.2.2.	Análise qualitativa.....	63
5.2.3.	Análise Estatística Descritiva Unidimensional	74
5.2.3.1.	<i>Comparação entre as medianas</i>	78
5.2.4.	Análise de <i>Cluster</i>	79
5.2.4.1.	<i>K-Means Clustering</i>	80
5.2.4.2.	<i>Cluster 1</i>	82
5.2.4.3.	<i>Cluster 2</i>	83
5.2.4.4.	<i>Cluster 3</i>	83
5.2.4.5.	<i>Cluster 4</i>	84
5.2.5.	Considerações gerais análises estatísticas	85
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	88
8.	BIBLIOGRAFIAS	89
8.1.	BIBLIOGRAFIAS CITADAS.....	89
8.2.	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS	95
9.	ANEXOS	97
	ANEXO A – Mapa de Zoneamento do município de Cuiabá	97
	ANEXO B – Classificações ambientais de uso do solo elaboradas por Nucci et al. (2019)	98

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Proposta de legenda para a correlação entre usos da terra e qualidade ambiental.....	28
FIGURA 2 – Proposta de legenda para cobertura da terra.....	29
FIGURA 3 – Mapa esquemático da metodologia de Liberti & Nucci (2018)	30
FIGURA 4 – Localização da área de estudo	31
FIGURA 5 – Síntese da evolução do perímetro urbano de Cuiabá	33
FIGURA 6 – Classe de renda da área de estudo – Ano 2000.....	34
FIGURA 7 – Evolução populacional do município de Cuiabá, 1980 – 2020	35
FIGURA 8 – Ocupação da área de estudo ao longo dos anos.....	36
FIGURA 9 – Proposta de legenda para cobertura da terra (gradiente).....	39
FIGURA 10 – Carta temática de uso do solo	47
FIGURA 11 – Percentual por classe de uso	48
FIGURA 12 – Carta temática de cobertura da terra.....	50
FIGURA 13 – Percentual por classe de cobertura	51
FIGURA 14 – Carta de qualidade ambiental.....	53
FIGURA 15 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 1.1	56
FIGURA 16 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 1.2	57
FIGURA 17 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.1	58
FIGURA 18 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.2	59
FIGURA 19 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.3	60
FIGURA 20 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.4	61
FIGURA 21 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.5	62
FIGURA 22 – Carta de qualidade ambiental dividida em quadrantes.....	63
FIGURA 23 – Primeiro quadrante	64
FIGURA 24 – Segundo quadrante	66
FIGURA 25 – Terceiro quadrante.....	68
FIGURA 26 – Quarto quadrante	70
FIGURA 27 – Percentual da área de cada classe de qualidade ambiental	72
FIGURA 28 – Gráfico de barras da distribuição de cobertura vegetal.	76

FIGURA 29 – Gráfico de barras da distribuição de usos do solo.....	77
FIGURA 30 – Gráfico cotovelo.....	80
FIGURA 31 – Distribuição dos lotes em relação ao uso do solo e cobertura da terra.....	81
FIGURA 32 – Distribuição dos lotes e seus respectivos <i>clusters</i>	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Evolução do perímetro urbano de Cuiabá (1938-2007).....	32
TABELA 2 - Pesos atribuídos para as classes de uso e cobertura da terra e o resultado da somatória.....	40
TABELA 3 - Pesos dos espaços não edificadas com vegetação arbórea contínua (fragmento de floresta) versus classes de uso do solo	41
TABELA 4 - Pesos dos espaços não edificadas com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea <i>versus</i> classes de uso do solo	42
TABELA 5 - Pesos dos espaços não edificadas com vegetação arbustiva e/ou herbácea <i>versus</i> classes de uso do solo	42
TABELA 6 - Pesos dos espaços não edificadas com solo exposto <i>versus</i> classes de uso do solo	43
TABELA 7 - Pesos dos espaços não edificadas com solo bastante impermeabilizado <i>versus</i> classes de uso do solo	43
TABELA 8 - Pesos das edificações de até 4 pavimentos e área adjacente com vegetação <i>versus</i> classes de uso do solo.....	44
TABELA 9 - Pesos das edificações de até 4 pavimentos e área adjacente sem vegetação <i>versus</i> classes de uso do solo.....	44
TABELA 10 - Uso do solo	48
TABELA 11 - Cobertura do terra.....	51
TABELA 12 - Quantificação dos índices de qualidade ambiental da região de estudo.....	54
TABELA 13 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 1.1	55
TABELA 14 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 1.2	57
TABELA 15 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.1	58
TABELA 16 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.2	59
TABELA 17 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.3	60
TABELA 18 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.4	61
TABELA 19 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.5	62
TABELA 20 - Reclassificação da variável cobertura da terra.....	75

TABELA 21 - Reclassificação da variável uso do solo.	75
TABELA 22 – Frequências relativas das categorias de cobertura da terra	77
TABELA 23 – Frequências relativas das categorias de uso do solo.....	78
TABELA 24 – Resumo da distribuição dos pesos padronizados das variáveis do estudo.....	78
TABELA 25 – Resultados do teste de Wilcoxon.....	79
TABELA 26 - Contingência do uso de solo e cobertura da terra dos lotes do cluster 1.	83
TABELA 27 - Contingência do uso de solo e cobertura da terra dos lotes do cluster 2.	83
TABELA 28 - Contingência do uso de solo e cobertura da terra dos lotes do cluster 3.	84
TABELA 29 - Contingência do uso de solo e cobertura da terra dos lotes do cluster 4.	84

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Breve histórico das principais COPs	10
QUADRO 2 - Síntese dos estudos	24
QUADRO 3 - Variáveis selecionadas para o estudo estatístico	74

LISTA DE ABREVIACÕES E/OU SÍMBOLOS

APP	Áreas de Preservação Permanente
CNMUAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
COP	Conferência das Partes
DPI	Diretoria de Pesquisa e Informação
EPR	Revisão de Performance Ambiental (<i>Environmental Performance Review</i>)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPDU	Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Urbano
OECD	Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento Ambiental (<i>Organization for Economic Cooperation and Development</i>)
ONU	Organização das Nações Unidas
QA	Qualidade Ambiental
SIG	Sistemas de Informações Geográficas

RESUMO

MARTINS, Y. I. A. **Análise da qualidade ambiental em área de expansão urbana na cidade de Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2022, 117f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

O objetivo deste trabalho é analisar a qualidade ambiental em área de expansão urbana na cidade de Cuiabá. A metodologia consistiu na criação de cartas temáticas de uso do solo e cobertura da terra da região objeto de estudo, por meio de mapeamentos feitos com o auxílio do Sistema de Informações Geográficas (SIG). A partir disso, foi realizado o cruzamento das referidas cartas temáticas, a fim de se obter uma carta de qualidade ambiental da região. O cruzamento foi realizado por meio da sobreposição das cartas, interseccionando as informações de mapeamento contidas nas tabelas de atributos de cada carta temática. A carta de qualidade ambiental gerada mostrou que a área de estudo apresenta, em sua maioria, bons índices de qualidade ambiental, predominando usos de áreas para conservação e contato com a natureza e cobertura da terra com espaços não edificados com vegetação arbórea contínua, contendo fragmento de floresta. Isso porque a área estudada possui massiva vegetação, principalmente nas proximidades do Córrego do Moinho e do Rio Coxipó. Contudo, apesar dos resultados obtidos, verificou-se que a carta de qualidade ambiental oculta muitos dos dados que foram levantados de maneira minuciosa nas cartas de uso e de cobertura da terra. Dessa forma, recomenda-se que a utilização da carta de qualidade ambiental urbana seja feita em conjunto com as demais cartas. Isso possibilita a realização de uma análise mais detalhada e, assim, torna possível a adoção de tomadas de decisão com base em informações mais completas.

Palavras-chave: Uso do solo, Cobertura da terra, Sistemas de Informações Geográficas (SIGs).

ABSTRACT

MARTINS, Y. I. A. **Analysis of the environmental quality in a region of urban expansion in the city of Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2022, 117f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

The objective of this work is to analyze the environmental quality in an area of urban expansion in the city of Cuiabá. The methodology consisted in the creation of theme maps of land use and coverage within the region of study. These maps were elaborated with the aid of the Geographic Information System (GIS). From this, the crossing of the mentioned theme maps was carried out in order to obtain an environmental quality map of the region. The crossing was performed by overlapping the maps, intersecting the mapping information contained in the attribute tables of each theme map. The generated environmental quality map showed that the study area has, for the most part, good environmental quality indices with the predominance of areas for conservation plus contact with nature, and land coverage classified as non-built-up areas with continuous arboreal vegetation containing fragment of forest. This is due to the fact that the studied area has massive vegetation, mainly near the Córrego do Moinho and the Coxipó River. However, despite the results obtained, it was found that the environmental quality map hides much of the data that was collected in detail in the land use and coverage maps. Thus, it is suggested to use the urban environmental quality map simultaneously with the other maps. This enables carrying out a more detailed analysis and, thus, facilitates the adoption of decision-making based on more complete information.

Keywords: Land use, Land coverage, Geographic Information System (GIS).

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

O processo de urbanização do mundo é um fato novo e que ainda vem ocorrendo. Em meados do século XIX, a população urbana era cerca 1,7% da população total da Terra. Posteriormente, na década de 60, passou a ser 25% e, nos anos 80, esse percentual passou para em torno de 41%. Nos anos 90, a população urbana do mundo alcançou 46% do total.

No Brasil, foi a partir de 1950 que a intensificação da urbanização aconteceu de maneira mais efetiva, principalmente devido ao início da indústria nacional, a qual atraiu massiva população rumo às cidades na busca de emprego e melhores condições de vida. Segundo a ONU (2018), estima-se que até 2050, 92,4% da população brasileira viverá em zonas urbanas, e apenas 7,6% viverão nas zonas rurais.

Com relação ao estado de Mato Grosso, o último censo realizado pelo IBGE no ano de 2010 apontou uma população de 2.482.801 habitantes na zona urbana e 552.321 habitantes na zona rural do estado. Ainda segundo o IBGE, a projeção é que o estado atinja uma população de 4.433.798 habitantes em 2060.

Por sua vez, no município de Cuiabá, o último censo apurou que a população da cidade era de 551.098 no ano de 2010, com uma estimativa para o ano de 2021 de 623.614 habitantes.

O aumento da população urbana, bem como o crescimento das cidades, muitas vezes, não são acompanhados por um planejamento urbano adequado. A falta desse planejamento nos centros urbanos ocasiona diversos problemas em âmbito social, econômico e ambiental.

O rápido crescimento e a ausência de planejamento contribuem para degradação do meio ambiente. Tal degradação resulta em impactos ambientais, tais quais: alterações e destruição de habitats, modificações na dinâmica hidrológica, aumento da poluição, inundações, desconforto térmico, poluição (do ar, das águas e do solo), impossibilidade de contato dos seres humanos com os elementos da natureza, falta de espaços livres de edificação para o lazer, entre outros.

Além disso, a forma como é disposto o uso e a cobertura da terra pode afetar diretamente os processos físicos do meio urbano. O microclima urbano de uma região, por exemplo, pode sofrer modificações significativas dependendo do uso e cobertura da terra predominantes.

Cabe mencionar que a ocupação do solo de forma discricionária dificulta de maneira técnica o desenvolvimento da infraestrutura da cidade, além de produzir elevados custos de urbanização e desconforto ambiental.

Todos esses impactos servem como parâmetro para indicar uma baixa qualidade ambiental urbana, uma vez que afetam negativamente na dinâmica dos elementos da paisagem urbana. Isso porque os centros urbanos passam a apresentar uma configuração da paisagem repleta de superfícies impermeabilizadas por pavimentação asfáltica, elevadas edificações e pouca ou nenhuma área coberta por vegetação.

Um espaço com boa qualidade ambiental urbana caracteriza-se pela presença de espaços verdes, boa qualidade do ar, áreas de lazer que favorecem a prática de atividades físicas, lazer e melhora na saúde mental.

Por outro lado, regiões onde a qualidade ambiental urbana é ruim podem ser caracterizadas pela ausência de áreas verdes, áreas de lazer, presença de ilhas de calor, pela poluição do ar, poluição sonora, enchentes, e outros fatores que impactam negativamente a vida da população. Esses impactos podem resultar em problemas como fadiga, estresse mental, prejuízo à saúde e ao comportamento do indivíduo.

Desta forma, a qualidade ambiental pode ser conceituada como um reflexo das funções do espaço físico para os seres humanos, sendo de extrema relevância o estudo da qualidade ambiental em áreas urbanas que estão passando por processos de expansão e urbanização, uma vez que esse processo pode impactar no meio ambiente e acarretar em problemas para a região.

1.2. JUSTIFICATIVA

O processo contínuo da urbanização, bem como o reflexo disso no meio ambiente e na qualidade de vida das populações, traz a necessidade de avaliar a qualidade ambiental urbana. Tal avaliação objetiva auxiliar na formação de políticas públicas a fim de que as autoridades realizem tomadas de decisões pragmáticas ao elaborar legislações de zoneamento urbano, por exemplo.

Além disso, diante das questões referentes à qualidade ambiental do meio urbano, o entendimento de que a natureza não é infinita e que sofre as consequências da maneira como é utilizada passou a ser pauta de diversos estudos. Ficou evidente que a busca por um novo modelo de desenvolvimento e novas maneiras de uso e ocupação de solo possibilitariam alcançar uma melhor qualidade ambiental e, conseqüentemente, melhor qualidade de vida.

Segundo Sewell (1978), para determinar a qualidade do meio ambiente, bem como estipular metas a serem alcançadas, é preciso definir padrões de qualidade, de forma a estabelecer os objetivos desejados. Diante disso, é de suma importância realizar estudos e investigações sobre o meio urbano, para que seja realizado o planejamento necessário. Por isso, é fundamental que os gestores considerem os aspectos ambientais durante a implementação do planejamento das cidades.

Sendo assim, estudos para avaliar a qualidade ambiental urbana possuem extrema relevância, pois proporcionam um melhor entendimento dos problemas do meio ambiente.

Considerando a complexidade do tema qualidade ambiental, há diversos autores que se dedicam ao estudo dessa temática buscando avaliar o meio urbano por meio de indicadores ambientais, como: clima e poluição atmosférica, cobertura vegetal, espaços livres e área verdes, poluição sonora, enchentes, verticalidade e densidade demográfica e uso do solo. No presente trabalho, os indicadores ambientais utilizados para avaliação da qualidade ambiental urbana foram o uso do solo e cobertura da terra.

Diante do cenário de crescimento acelerado das cidades brasileiras, surge a necessidade de realizar investigações sobre o meio urbano com aplicação de metodologias para análise da qualidade ambiental urbana.

Com relação ao processo de urbanização no estado de Mato Grosso, este ocorreu nas cidades pequenas e médias tardiamente em comparação com o restante do Brasil, contudo os problemas relacionados ao crescimento urbano podem ser observados nas cidades mais populosas, como Cuiabá e Várzea Grande (DIAS et al., 2011).

A urbanização da cidade de Cuiabá deu início nas áreas centrais, margem direita do córrego da Prainha (CUIABÁ, 2010). No entanto, com o passar dos anos, a demanda por moradias foi se intensificando e, conseqüentemente, a cidade foi se expandindo para outras áreas. Dessa forma, foi a partir da Lei n.º 2.023, de 9 de novembro, de 1982, que dispõe sobre o uso e a ocupação do solo urbano no município de Cuiabá, que a área objeto deste estudo passou a fazer parte da zona urbana da cidade de Cuiabá.

Nesse contexto de crescimento da cidade de Cuiabá a partir da expansão para outras áreas, vem à tona a questão dos vazios urbanos. Há diversos vazios em áreas consolidadas na macrozona do município de Cuiabá. Assim, o Plano de Diretor de 1992 teve como foco a ocupação dessas áreas, com a premissa de “crescer para dentro”. Posteriormente, a preocupação com a questão dos vazios urbanos apresentadas no PD de 1992 foram mantidas e reforçadas no Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico (PDDE) de 2007. Inclusive, juntamente com a aprovação do PDDE, houve o congelamento do Perímetro Urbano por 10 (dez) anos, de 2007 a 2017 (Art. 89º da Lei 150/2007), na tentativa de promover a ocupação das áreas vazias.

Contudo, ao analisar as políticas de planejamento regional e urbano implementadas nos últimos anos, bem como a realidade a qual se encontra o município de Cuiabá, nota-se que as legislações foram conflitantes e as ações públicas ineficazes. A busca pela estruturação do sistema de planejamento e gestão revelou as vulnerabilidades institucionais políticas, econômicas e técnico-administrativas.

A região objeto deste estudo, por exemplo, pertence à zona de expansão urbana, onde foram implantados condomínios horizontais voltados à classe média/média-alta. Cabe mencionar que o interesse pela expansão do perímetro urbano possui grande relação com incorporadoras que pretendem implantar novos empreendimentos de média e alta renda, como esses condomínios fechados.

Segundo Cervero et al. (2017), o espraiamento urbano resulta em problemas de ordem social e ambiental, tais quais: piora na qualidade do ar devido ao aumento das distâncias dos deslocamentos casa-trabalho, maior uso de veículos automotores e consequentemente menos viagens a pé ou bicicleta, necessidade de maiores investimentos em infraestrutura, exclusão social e aumento de acidente de trânsito.

O uso misto do solo associado a uma cidade compacta reduz as distâncias, estimulando o uso de meios de transporte sustentáveis como a bicicleta. Além disso, a contenção do espraiamento torna possível a criação de áreas verdes e de paisagismos associado à zona urbana, o que além de mitigar a mudança climática, devido à redução das emissões de poluentes, pode também reduzir os efeitos das ilhas de calor (CERVERO et al., 2017).

Diante do exposto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar a qualidade ambiental em área de expansão urbana na cidade de Cuiabá. Os objetivos específicos são:

- a) Georreferenciar as imagens do *Google Earth* da região estudada no Sistema de Projeção UTM (Zona 21 S, SIRGAS 2000);
- b) Desenhar o *shapefile* da região;
- c) Delimitar cada lote com base na consulta do *Smart Gis* (Navegador Público da Prefeitura de Cuiabá);
- d) Mapear o uso do solo da área de estudo com base na legenda de Nucci et al. (2019);
- e) Elaborar a carta temática de uso de solo;
- f) Mapear a cobertura da terra;

- g) Elaborar a carta temática de cobertura da terra;
- h) Determinar a carta de qualidade obtida a partir do cruzamento das referidas cartas e com base em método apresentado por Liberti & Nucci (2018);
- i) Analisar e discutir os resultados obtidos no que se refere à qualidade ambiental da região, tanto por meio de uma análise descritiva, como também por uma análise estatística para compreensão dos dados levantados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O CONCEITO DE QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

A maior parte da população do planeta se concentra em áreas urbanas. Tal concentração vem crescendo cada vez mais, ocasionando alterações na paisagem pela ação humana por meio da expansão vertical e horizontal das cidades. Estas mudanças intensificam problemas de ordem social, econômico e ambiental. Adicionalmente, com relação ao meio ambiente, as ações afetam os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na natureza (NUCCI et al., 2019).

As regiões urbanas, apesar de representarem uma parcela modesta de terra se comparada à ocupação territorial do planeta, podem sofrer impactos ambientais substanciais em âmbito local, regional e até globais. A destruição e modificação de habitat, aumento da poluição, mudanças na biodiversidade e no microclima e aumento da compactação do solo são alguns desses impactos ambientais (FRANCIS & CHADWICK, 2013).

Além disso, cabe mencionar que a qualidade ambiental urbana está intimamente relacionada com a saúde humana, tanto a física quanto a mental. Os espaços verdes urbanos, por exemplo, são indicadores que contribuem para a melhora da qualidade ambiental urbana, uma vez que proporcionam uma melhora na qualidade do ar, reduzem o efeito da poluição, além de proporcionarem à população um ambiente físico que estimula a prática da atividade física, favorecendo benefícios para a saúde física da população (WHITFORD et al., 2001).

Por outro lado, a ausência desses espaços contribui para o estresse urbano (ULRICH, 1984) e a fadiga, o que indiretamente tem como consequência o aumento da agressividade e violência (KUO & SULLIVAN, 2001). Dessa forma, torna-se evidente que a qualidade ambiental influencia, de forma positiva ou negativa, na saúde de cada indivíduo (SANTANA et al., 2007).

Além disso, a piora da qualidade ambiental causada por fatores como ruído, calor e poluição do ar favorecem para aumento do estresse cotidiano e das tensões, afetando de maneira negativa na saúde psicológica do homem. A vegetação existente nas áreas verdes, por sua vez, possui o potencial de criar ambientes agradáveis e

salubres, reduzindo esses fatores, e proporcionando melhorias na saúde humana, o que melhora a qualidade ambiental urbana (MILANO, 1984; COSTA, 2010).

Considerando os impactos ambientais presentes no processo de ocupação urbana, torna-se relevante o estudo da qualidade ambiental. Segundo Briguenti (2005), a qualidade ambiental pode ser conceituada como um reflexo das funções do espaço físico para os seres humanos. Com base nos conceitos de sustentabilidade, pode-se avaliar tais funções, uma vez que os aspectos dos elementos físicos são analisados de acordo com o uso do meio ambiente pelo homem.

A qualidade ambiental pode ser definida como um conjunto de aspectos físicos, químicos, biológicos e outras estatísticas ambientais, expressados em números. Essas características possibilitam os pesquisadores classificarem o ambiente em determinada categoria ou dentro de uma escala hierárquica (VASILE et al., 2011).

Neste contexto, é importante mencionar que, segundo Nucci et al. (2019), os usos na zona urbana devem ser dispostos prevendo uma distribuição apropriada entre as fontes da emissão de poluentes e as áreas mais sensíveis. Mota (1999) e Nucci (1996) sugeriram que uma maneira de separar usos incompatíveis seria por meio da instalação de usos menos sensíveis entre receptor e emissor. Por exemplo, segundo Mota (1999), para separar indústrias com alto potencial de poluição sonora de uma zona residencial, sugere-se colocar outras indústrias que não produzam barulhos, uma zona de uso comercial e de serviços e uma área verde. Com relação aos aeroportos, existe um zoneamento que prevê a questão da exposição aos ruídos dos aviões (MOTA, 1999).

Segundo Nucci et al. (2019), a mistura de usos nas cidades, que muitos autores defendem, pode gerar maior dinâmica de ordem social e econômica. Contudo, também gera uma redução da qualidade ambiental.

Em suma, se por um lado, alguns autores difundem a ideia de que as cidades devem ser planejadas de forma compacta e com uma mescla de usos de modo a melhorar a qualidade de vida das pessoas, outros defendem que quando há mistura de usos incompatíveis, o aumento da qualidade de vida é acompanhado pela redução da qualidade ambiental.

Segundo Lima (2011), a qualidade ambiental corresponde ao padrão de satisfação ambiental, relativos aos fatores naturais e antrópicos. Por aspectos naturais entende-se o meio físico e biológico. Por sua vez, aspecto antrópico está relacionado à cultura, economia e relações sociais. Dessa forma, considerando o aumento da preocupação por uma melhora da qualidade do ambiente, os elementos importantes para a qualidade de vida da população, bem como aqueles referentes ao meio ambiente, são associados por tal padrão.

Neste contexto, a preocupação com as questões ambientais foi surgindo e se tornando pauta mundial. O aumento das emissões dos gases de efeito estufa (GEEs) contribui de maneira direta para as mudanças climáticas e possui relação com as alterações do uso da terra em escala global. Essa temática foi pauta de fóruns internacionais, desde o ano de 1972 (ANIS, 2022).

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, conhecida como Conferência de Estocolmo, ocorreu em 1972 na cidade de Estocolmo, na Suécia. Esta conferência global contou com a participação de 114 países e foi a pioneira ao estabelecer princípios voltados à preservação e melhoria do meio ambiente, dando origem à Declaração de Estocolmo (PNIA, 2012). Nesse sentido, as abordagens sobre as mudanças climática continuaram nos anos seguintes. Em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNMUAD) na cidade do Rio de Janeiro. Esta conferência é também conhecida como Eco-92. Esse evento representou um marco histórico para a conscientização das questões ambientais, determinando práticas que definiram uma agenda mundial (Agenda 21), de modo a promover a proteção do meio ambiente, biodiversidade e equilíbrio do clima do planeta (ANIS, 2022).

Posteriormente, no ano de 1997, foi realizado o Protocolo de Quioto, um acordo internacional com o objetivo de conter as emissões de gases do efeito estufa, principalmente o CO₂ (INÁCIO FILHO, 2022). No ano de 2015, ocorreu a COP 21, em Paris, na qual foi definido o Acordo de Paris como sucessor do Protocolo de Quioto, com o objetivo de reduzir a temperatura média global. Diante desses fatos, é evidente a crescente preocupação das nações com relação às questões atinentes ao meio ambiente. Esses encontros anuais receberam o nome de Conferência das Partes

(COP). O Quadro 1 apresenta um breve histórico das principais COPs e os assuntos e as decisões tratadas.

QUADRO 1 - Breve histórico das principais COPs

Ano	Evento/Local	Discussões/Decisões
1992	UNFCCC – Rio de Janeiro	Tratado firmado por quase todos os países, o qual estabeleceu a discussão anual por meio de COP acerca das questões sobre as mudanças climáticas.
1997	COP 3 – Quioto	Foi firmado o Protocolo de Quioto (2008-2012), que objetivou a redução das emissões de GEEs e criação dos créditos de carbono por meio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)
2007	COP 13 – Bali	Definiu um roteiro para guiar as negociações de um acordo sucessor ao Protocolo de Quioto.
2009	COP 15 – Copenhague	Foi firmado o Acordo de Copenhague, no qual os países apresentaram metas de redução de emissões de GEE, estabelecendo o objetivo de se limitar o aumento de temperatura da superfície da terra em 2°C.
2010	COP 16 – Cancún	Criação do Fundo Verde para o Clima no valor de 100 bilhões anuais (a partir de 2020) como ajuda dos países desenvolvidos aos países em desenvolvimento.
2011	COP 17 – Durban	Plataforma de Durban – novo roteiro traçado, até 2015, pela União Europeia, para um novo Acordo Climático.
2012	COP 18 – Dhoa	Conclusão das metas que orientem as medidas de reduções de emissão de GEEs para o segundo período do Protocolo de Quioto (2013-2020).
2013	COP 19 – Varsóvia	Criação do regime de compensação por perdas e danos e pagamento por emissão reduzida a partir de esforço de combate ao desmatamento e à degradação florestal (REDD+).
2014	COP 20 – Lima	Criação do documento “Rascunho Zero”, objetivando compromissos para redução das emissões globais entre 40% e 70%, até 2050.
2015	COP 21 – Paris	Definiu o Acordo de Paris como sucessor do Protocolo de Quioto, com o objetivo central de manter a temperatura média global em 2°C abaixo dos níveis pré-industriais, com esforços para contê-lo a 1,5°C.
2016	COP 22 – Marrakech	Discussão sobre a precificação do carbono, com o setor empresarial, para o alcance das metas das NDCs.
2017	COP 23 – Bonn	Discussão sobre a implantação das obrigações previamente estabelecidas e a presença do setor empresarial para precificação do carbono.
2018	COP 24 – Katowice	Encerra o ciclo de debate das normas e obrigações para implantação do Acordo de Paris.
2019	COP 25 – Madri	Início das discussões para implantação de um Mercado de Carbono Internacional.
2021	COP 26 – Glasgow	Espera-se a regulamentação do Mercado de Carbono, incluindo o setor agrícola. Nessa conferência, será discutida a redução de CO ₂ , em escala planetária, por meio da adoção de energias renováveis, e o Brasil mostrará que a energia renovável do país vem da agricultura.

FONTE: Adaptado de ANIS, 2022

Machado (1997) afirma que definir qualidade ambiental não é uma tarefa simples e está intrinsicamente relacionada à qualidade de vida, uma vez que, segundo o autor, deve-se haver um equilíbrio entre o meio ambiente e as atividades relativas à vida do homem. Ressalta-se que o homem constantemente muda de escala, tempo e lugar.

De acordo com Luengo (1998), entende-se por qualidade ambiental as condições ideais que regem o comportamento do espaço no que se refere ao conforto relativo aos aspectos ambientais, biológicos, econômicos, produtivos, sociocultural, entre outros. Dessa maneira, segundo o referido autor, a qualidade ambiental urbana é o resultado da interação dessas variáveis visando formar um habitat saudável, que atenda às necessidades básicas de sustentabilidade da vida de cada ser humano e a interação social no meio urbano.

Cabe mencionar que a sustentabilidade procura aliar a questão ambiental com a questão econômica, de maneira a agregar o princípio da continuidade, ou seja, de que nada pode ser sustentável se não tiver continuidade (LIMA, 2006).

Segundo Macedo (1995), a qualidade ambiental de um ecossistema corresponde aos requisitos básicos que ele possui. Tais requisitos referem-se à natureza física, química, biológica, social, econômica, tecnológica, cultural e política. Segundo o autor, os fatores ambientais que constituem o ecossistema podem exercer a qualquer momento as interações ambientais necessárias à manutenção de sua dinâmica, como também possuem a capacidade de se recuperar, permitindo desenvolver novas estruturas relacionais. Além disso, tal capacidade de autossuperação promove desdobramentos ordenados da complexidade do ecossistema.

Macedo (1995) afirma que a qualidade ambiental é resultante da dinâmica dos métodos de adaptação e dos mecanismos de autorrecuperação dos ecossistemas. Dessa maneira, conforme a teoria sistema da evolução, conclui-se que a qualidade ambiental é consequência da ação simultânea da necessidade e do acaso.

De acordo com Orea (1978) apud Valaski (2008), a definição de qualidade ambiental está vinculada com a de qualidade de vida. Segundo Orea (1978), qualidade ambiental é a inexistência de elementos nocivos que poluam a água, o ar e que causem

ruído. A manutenção da qualidade (compreendida como equilíbrio ecológico) do entorno natural, além de promover importantes zonas de descontinuidade e de áreas para diversão ao ar livre, agrega muito valor ao habitat urbano.

Por esse motivo, a degradação do meio natural resulta em possível prejuízo à qualidade de vida do cidadão e, de maneira geral, ao habitat urbano. Em resumo, o planejamento deve considerar a localidade da atividade (uso do solo) de modo que proporcione melhorias às condições de vida da população (OREA, 1978 apud VALASKI, 2008).

Conforme pode-se notar, há diversas teorias em diferentes áreas da ciência que abordam aspectos diferentes da qualidade ambiental. Por essa razão, na literatura é possível encontrar distintas definições para esse conceito. Kamp et al. (2003, p. 7), citou algumas delas:

Um ambiente com alta qualidade transmite uma sensação de bem-estar e satisfação para a população por meio de características que podem ser físicas, sociais e simbólicos. (LANSING & MARANS, 1969 apud KAMP et al., 2013);

Qualidade ambiental é uma questão complexa que envolve percepções subjetivas, atitudes e valores que variam entre os grupos e indivíduos. (PORTEOUS, 1971);

Qualidade ambiental é a resultante da composição das partes de uma determinada região, mas ainda superior à soma das partes, é a percepção de um local como um todo. As peças que compõem (natureza, espaço aberto, infraestruturas, ambiente construído, ambiente físico, amenidades e recursos naturais) cada uma das partes têm suas próprias características e qualidade parcial. (RMB, 1996);

Qualidade ambiental pode ser definida como uma parte essencial do conceito mais amplo de qualidade de vida, as qualidades básicas como saúde e segurança em combinação com aspectos como o conforto e atratividade. (RIVM, 2002).

Diante das diferentes definições de qualidade ambiental de cada autor, o conceito de qualidade ambiental que melhor descreve o conceito adotado neste trabalho é o apresentado por RMB (1996).

Segundo Lima & Amorim (2009), a qualidade ambiental deve ser analisada considerando diversos elementos da paisagem, tanto os físicos como os sociais. Por isso, é crucial definir a metodologia, bem como a sistematização de atributos ambientais, uma vez que a depender dos parâmetros envolvidos, os resultados podem auxiliar no planejamento do meio urbano. Dessa maneira, os referidos autores

fundamentam-se no Planejamento da Paisagem para análise da qualidade ambiental urbana por meio do geoprocessamento.

2.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA

2.2.1. Definição de Indicadores Ambientais

A Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento Ambiental (OECD - *Organization for Economic Cooperation and Development*) conceitua indicadores como “valor derivado de parâmetro, o qual provê informação a respeito do estado de um fenômeno, ambiente ou área, cujo significado excede aquele diretamente associado ao valor do parâmetro”. Com relação ao parâmetro, a OECD o define como “uma propriedade que é medida ou observada” (OECD, 1997).

Historicamente, cabe mencionar que o desenvolvimento dos conceitos sobre indicadores ambientais iniciou-se no ano de 1987, no Canadá e na Holanda. A Cúpula Econômica do Grupo dos Sete, que reúne os países mais ricos do mundo, solicitou à OECD iniciar os trabalhos de elaboração de indicadores ambientais (OECD, 1997).

Posteriormente, no ano de 1992, foi realizada no Rio de Janeiro a Segunda Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, para propor sobre o desenvolvimento de indicadores ambientais (OECD, 1997).

O relatório apresenta o progresso do Brasil na implementação das *EPR recommendations (Environmental Performance Review recommendations)* – recomendações da Revisão de Performance Ambiental. Esse relatório mostra que o Brasil desenvolveu uma legislação sólida sobre informações ambientais, água e gestão de resíduos e biodiversidade. Contudo, são necessários mais esforços para traduzir as disposições legais em práticas eficazes de promoção da sustentabilidade (OECD, 2021).

A legislação brasileira, em relação ao acesso público a informações ambientais, está alinhada às boas práticas internacionais. No entanto, a ausência de relatórios ambientais periódicos, a má sistematização de indicadores, integração entre bancos de

dados e informações limitadas sobre o desempenho ambiental de empresas demonstram que o Brasil precisa melhorar ainda mais suas informações ambientais caso queira se adequar aos instrumentos legais da OECD sobre este assunto (OECD, 2021).

Por fim, com relação aos indicadores ambientais, a OECD espera avanços como: buscar uniformidade nos indicadores publicados; melhorar a qualidade e comparabilidade dos indicadores existentes; preencher os vazios existentes na medida do possível; desenvolver com mais detalhes indicadores que sejam orientados para resultados e desempenho (OECD, 1996 apud RUFINO, 2002).

Esses avanços são importantes, pois, segundo Merico (1996) apud Ribeiro et al. (2017), os indicadores ambientais são utilizados para retratar a qualidade ambiental e dos recursos naturais, além de avaliar as condições ambientais visando à sustentabilidade. Por este motivo, é relevante que tais indicadores sejam baseados em informações fidedignas, possibilitando o acesso à população.

2.2.2. Sistemas de Indicadores Ambientais

Temas e parâmetros prioritários utilizados na realização de avaliação de desempenho ambiental podem ser definidos por um sistema de indicadores ambientais. Atualmente, a grande quantidade de informações ambientais, bem como a demanda por dados confiáveis como apoio para tomada de decisões, faz com que seja indispensável a criação de um sistema para controle e difusão.

No âmbito do desenvolvimento da política ambiental, a identificação de indicadores como instrumento capaz de agregar informações não é suficiente. Esta informação deve ser organizada de forma a responder aos requisitos concretos, ou seja, é necessária a criação de sistemas de indicadores ambientais (MANTEIGA, 2000).

Segundo a OECD, a construção de um Sistema de Indicadores Ambientais possui duas justificativas, sendo elas:

- a) Reduzir a informação estatística a uns poucos parâmetros;
- b) Melhorar a informação sobre o estado do meio ambiente.

Díaz-Moreno (1999) afirma que há um paradoxo de se ter muitas informações, uma vez que, segundo o autor, apesar de haver uma alta demanda de dados acerca do meio ambiente e um considerável avanço tecnológico para coleta destes dados, tais informações carecem de sistematização, o que dificulta a utilização pelos agentes interessados no assunto.

A criação de um Sistema de Indicadores Ambientais busca melhorar informações e torná-las simples, possibilitando que cientistas, instituições públicas, bem como a população em geral possam utilizar (DÍAZ-MORENO, 1999).

Segundo Manteiga (2000), considerando que os indicadores ambientais integram um valor relativo a um fenômeno, com a capacidade de dispor mais informação do que aquela que pode ser inferida da simples configuração de parâmetros, um sistema de indicadores ambientais deve ofertar um conceito mais abrangente do que aquele associado a cada um dos indicadores. Além disso, o autor afirma que tais indicadores são células de um sistema de indicadores, sendo fundamental precisar com clareza as ligações necessárias para dar funcionalidade ao todo.

Atualmente, o modelo pressão-estado-resposta, criado pela OECD, é a metodologia mais utilizada para a seleção e aplicação de indicadores. A estrutura desse modelo afirma que as atividades humanas realizam pressões sobre o ambiente, as quais podem provocar mudanças no estado deste, como, alterações nos níveis de poluentes no ambiente, entre outros. Cabe mencionar que, as emissões de poluentes ou a maneira de como se utiliza a terra, são exemplos de pressões sobre o meio ambiente. Por fim, a sociedade responde às alterações nas pressões com políticas ambientais para prevenção, redução ou moderação das pressões e dos danos ambientais (OECD, 1997).

O referido método proposto pela OECD tem sido bastante utilizado para avaliar a qualidade ambiental de modo a organizar indicadores de maneira categorizada, servindo como uma ferramenta de avaliação da qualidade ambiental. No entanto, considerando o elevado número de abordagens que a temática da qualidade ambiental é capaz de abranger e a ausência de um padrão metodológico aplicável a todos os casos, faz-se necessário procurar uma metodologia que melhor atenda às particularidades do objeto em estudo (RIBEIRO et al., 2017).

Segundo Dias et al. (2011), os métodos utilizados, bem como os parâmetros, atributos e as demais fontes de informações de apoio à decisão no estudo ambiental, podem sofrer variação de relevância a depender do estudo. Ou seja, o grau de importância pode ser elevado em um estudo, como pode também apresentar uma baixa relevância em outro.

Apesar disso, nota-se que o sistema mais utilizado é o Pressão-Estado-Resposta. Tal modelo está inserido nos sistemas de informação ambiental. Esse sistema baseia-se no armazenamento de informação ambiental de várias fontes, possibilitando a tomada de medidas políticas no âmbito da gestão ambiental (RUFINO, 2002).

Além disso, Winograd (1996) considera o modelo pressão-estado-resposta como um modelo de fácil uso, simples, além de ser possível a aplicação a diversos níveis, escalas e atividades humanas. Por esses motivos, o autor justifica o amplo uso deste marco conceitual.

Por outro lado, no ano de 1998, João Carlos Nucci propôs uma metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana. A metodologia foi fundamentada no “Planejamento da Paisagem”, que contribui para o planejamento do espaço urbano, na busca por uma regulamentação dos usos do solo e dos recursos ambientais, de maneira a preservar o potencial de recreação da paisagem, obtendo-se o maior aproveitamento que a vegetação pode proporcionar para a melhoria da qualidade ambiental (NUCCI, 1998).

Segundo Monteiro (1987), é um grande desafio elaborar um trabalho de espacialização da qualidade ambiental, uma vez que não há uma receita técnica baseada em uma concepção teórico-metodológica definida. Por isso, a busca de Nucci por uma determinação de metodologia é uma maneira de contribuir ao trazer mais alternativas para a análise do meio ambiente urbanizado.

O método de Nucci busca a espacialização dos atributos ambientais para, em seguida, realizar uma análise sistêmica. Dessa forma, para esta metodologia, é importante que se reúna o maior número de informações cartografáveis da região de estudo para que, posteriormente, os dados sejam cruzados e, a partir disso, seja

elaborado um diagnóstico ambiental de maneira espacializada. Por fim, a proposta da metodologia é chegar a uma síntese (NUCCI, 1998).

Contudo, segundo Martinelli (1991), quando se elabora uma síntese, perde-se a participação dos elementos considerados no nível analítico, obtendo-se apenas a união deles em conjuntos espaciais característicos. Ou seja, os mapas ambientais gerados deverão evidenciar agrupamentos de locais determinados por conjuntos de atributos ou variáveis.

As variáveis ambientais como uso do solo, poluição, densidade populacional, verticalidade das edificações, déficit de espaços livres públicos, deserto florístico e enchentes serão espacializadas e analisadas dentro do nível analítico. A partir dessas cartas, obtém-se uma síntese, sendo esta a carta de Qualidade Ambiental (NUCCI, 1998).

Considerando a escassez de informações e de critérios que são vastamente aceitos e que são fundamentais para avaliar a qualidade ambiental, há a possibilidade de trabalhar com pressupostos baseados em variados autores. Contudo, recomenda-se que se tenha cautela de se considerar limites que não sejam muito restritivos. Dessa maneira, os parâmetros abordados por Nucci devem ser considerados como sugestões e não imposições. Esses parâmetros devem servir como ponto de origem para discussão e, posteriormente, para uma seleção dos critérios considerados os mais corretos (NUCCI, 1998).

2.2.3. Indicadores Ambientais

Diversas organizações que apoiam causas ambientais fazem uso de indicadores para a realização de mapeamento, avaliação ambiental, monitoramento do estado do meio ambiente com relação ao desenvolvimento sustentável, entre outros. Tais indicadores podem ser usados para determinar a qualidade ambiental do meio, bem como para elaborar a avaliação de políticas ambientais.

A preparação de informações ambientais requer que diversos elementos comuns sejam analisados. Além disso, é necessário que haja um processo de

prioridade, resultando na definição de uma estruturação de diversas fontes de dados. Tal estruturação é feita para melhorar o acesso às informações que se encontram dispersas, além de possibilitar a integração dos dados de maneira a interpretar essas informações. Dessa forma, torna-se possível identificar as inter-relações, conexões e efeitos sinérgicos entre adversidades (WINOGRAD, 1995).

Nota-se que há discordância entre os autores ao definir a qualidade ambiental de um ambiente urbano em dois tópicos principais. Há autores que conceituam a qualidade ambiental a partir de características socioeconômicas, como transporte, segurança pública, educação, entre outros. Por outro lado, há aqueles autores que associam a qualidade ambiental com o meio físico, o estado do ambiente natural transformado (BUCCHERI FILHO & TONETTI, 2021).

Segundo Bucchini Filho & Tonetti (2021), quando se tenta associar os aspectos socioeconômicos com aspectos ambientais físicos do meio, pode resultar em uma análise imprópria da qualidade, uma vez que determinada região pode possuir uma boa infraestrutura (água, energia elétrica, entre outros), mas ser deficiente em áreas verdes e arborização. Em resumo, a qualidade da região seria boa no que se refere aos aspectos socioeconômicos, contudo, seria ruim quanto aos aspectos físicos. Sendo assim, para o presente trabalho, é definido que ambiente urbano faz referência aos aspectos físicos.

2.2.3.1. *Clima e Poluição Atmosférica*

As mudanças climáticas, principalmente em áreas urbanas, vêm aumentando de forma expressiva devido ao crescimento da população e da industrialização. As variadas atividades humanas *indoor*, ou seja, em espaços internos de uma área urbana, juntamente com a distribuição destes espaços, podem colaborar para alterações climáticas, gerando variados microclimas.

Segundo Spirn (1995), cada cidade possui diversos microclimas completamente distintos, que foram originados pelos processos que atuam na escala total da cidade. Além disso, em escala menor, em toda cidade há os mesmos fenômenos que definem o mesoclima urbano, ou seja, pequenas ilhas de calor, bolsões de intensa poluição do ar, microinversões, entre outros. Nessa mesma linha de

pensamento, Lombardo (1985) reitera que “as condições climáticas de uma área urbana extensa e de construção densa são totalmente distintas daquelas dos espaços abertos circundantes, podendo haver diferenças de temperatura, de velocidade do vento, de umidade, de pureza do ar, etc.”.

Segundo Romero (2001), os conceitos de elementos climáticos e fatores climáticos não podem ser confundidos. Primeiramente, cabe mencionar que os fatores climáticos podem ser globais ou locais. Os fatores climáticos globais são aqueles que determinam e dão origem ao macroclima. Entre eles estão: a altitude, latitude, a longitude, a radiação solar, os ventos e as massas de água e terra. Os fatores climáticos locais são aqueles que determinam o microclima, tais quais: a vegetação, a topografia e a superfície do solo natural ou construído. Por sua vez, os elementos climáticos são aqueles que caracterizam cada tipo de clima com valores, como a umidade do ar, a temperatura, as precipitações e os movimentos do ar.

Segundo Mota (1999), a temperatura relaciona-se de forma direta com a urbanização, uma vez que, por exemplo, ruas pavimentadas absorvem calor durante o dia e o liberam à noite, fato este que eleva a temperatura. Além disso, a pavimentação proporciona um escoamento mais rápido da água, diminuindo a água no solo que seria evaporada e que contribuiria para resfriar a superfície terrestre.

Ademais, a ilha de calor é outra questão relacionada ao clima em áreas urbanas. Décadas de pesquisas têm mostrado que as cidades estão quase sempre mais aquecidas do que seus arredores. Este fenômeno, conhecido como ilha de calor urbana, é um dos mais claros exemplos de modificação climática negligenciada pelos humanos. A ilha de calor causa muitos impactos que podem ser notados, por exemplo: na floração das plantas, que ocorre mais cedo em áreas urbanas; no aumento dos gastos com refrigeração e diminuição dos gastos com aquecedores; no aumento de estresse devido ao aumento do calor no verão; na redução das neblinas; e no aumento na taxa de reações químicas favoráveis ao surgimento de nevoeiros com fumaça (OKE et al., 2017).

O fenômeno da ilha de calor urbana é uma anomalia térmica, que possui dimensões verticais, horizontais e temporais. Suas características estão relacionadas à natureza intrínseca da cidade, como tamanho, densidade da construção, distribuição

do uso do solo, bem como com as influências externas, por exemplo, clima, clima predominante e estações do ano (OKE, 1982).

Segundo Nucci (2008), a ilha de calor na cidade promove a formação de uma circulação de ar padrão, na qual o ar da localidade central, onde a temperatura é mais elevada, esquentada e se eleva, e o ar da periferia vai em direção ao centro da cidade. Como consequência, há a formação de uma cúpula de poluição sobre a cidade.

Além disso, veículos automotores também devem ser considerados na avaliação do clima e a poluição nas áreas urbanas. Diversos autores como Nucci (2008), Branco (1995), Drew (1989), Margulis (1996), Spirn (1995) discutem sobre os poluentes que os automóveis emitem, bem como os sérios problemas de saúde que podem acarretar.

Segundo Nucci (2008), a existência de vegetação pode diminuir o nível de poluentes, agindo como filtro, ou segundo Hough (1998), atuar como um isolante térmico, reduzindo os gastos com energia. Este último menciona que as copas das árvores podem reter energia, diminuindo a temperatura em até seis graus em relação a ruas sem sombras.

2.2.3.2. Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal presente no meio urbano é uma necessidade humana que vai além do valor estético (SITTE, 1992). Os benefícios ambientais que a vegetação oferece ao meio urbano são citados por diversos autores, dentre os quais destacam: Dalbem & Nucci (2006); Hough (1998); Kiemstedt et al. (1998); Mascaró & Mascaró (2003); Moura & Nucci (2008); Nucci (2008); Spirn (1995); entre outros.

Segundo Nucci (2008), a vegetação, principalmente a arbórea, inserida nas áreas urbanizadas é de extrema importância, uma vez que agrega inúmeros benefícios ao ser humano e à fauna. Dentre esses benefícios podem-se citar: redução da poluição atmosférica, equilíbrio psicossocial do homem, sombra e proteção contra os ventos, a melhoria do ciclo hidrológico, redução das despesas com condicionamento térmico, promoção da diversidade de espécies, qualificação ambiental e paisagística dos

imóveis valorizando-os economicamente, estabilizador climático, barreira acústica, melhoria da qualidade ambiental e paisagística, entre outros.

Mascaró (1996) afirma que a vegetação exerce influência nos elementos climáticos em microclimas urbanos, de modo a contribuir para o controle da temperatura, umidade do ar, controle da radiação solar, ação dos ventos e da chuva, bem como para diminuir a poluição do ar.

2.2.3.3. Espaços Livres e Áreas Verdes

Espaços livres são espaços no meio urbano que se encontram ao ar livre, destinados à utilização relacionada ao descanso, passeio, esportes, recreação, entre outros (CAVALHEIRO et al., 1999). Estes espaços, segundo Llardent (1982), devem ser destinados aos pedestres. Os autores afirmam que os espaços livres podem ser públicos ou privados. Públicos podem ser praças, parques, coletivos, e privados, clubes esportivos, etc.

Além disso, Cavalheiro et al. (1999) expõe que a área verde seria um tipo específico de espaço livre, tendo como elemento principal a vegetação. Para o autor, as funções fundamentais que uma área verde deve cumprir são as funções ecológica, estética e recreativa. A função ecológica relaciona-se com a proteção do meio físico, como filtrar o ar, reduzir os ruídos, suporte para a fauna, estabilizar determinadas áreas de superfícies, entre outros. Por sua vez, a função estética relaciona-se com os sentimentos e emoções que a área verde promove.

Mascaró (1996) afirma que a presença de árvores nas praças inibe o acúmulo de calor no solo e nas fachadas, gerando um microclima uniforme e definido, de menor temperatura e maior umidade. Logo, provavelmente as praças, nas quais há presença de vegetação em locais com temperatura do ar muito elevada, podem sofrer diminuição do calor.

Considerando que os espaços livres e as áreas verde são fundamentais para a qualidade ambiental, bem como para a saúde dos seres humanos, é necessário que haja um planejamento de como distribuir essas áreas no espaço urbano, além de determinar

o número e o tamanho desses espaços na área urbanizadas a fim de atender toda população (BUCCHERI FILHO & TONETTI, 2021).

2.2.3.4. Enchentes

O uso indevido do solo em regiões urbanas também pode ocasionar enchentes. A origem das enchentes possui relação com a impermeabilização, uma vez que provoca a redução da absorção da água no solo e eleva o escoamento na superfície (NUCCI, 2008). Tal impermeabilização do solo, juntamente com a canalização dos córregos, aumenta a quantidade de água nos canais de escoamento. Quando o aumento do volume é muito elevado, o sistema torna-se insuficiente e ocorre o transbordamento da água (BUCCHERI FILHO & TONETTI, 2021).

Segundo Monteiro (1980) apud Buccheri Filho & Tonetti (2021), a ocorrência de alagamentos está ligada tanto com as questões fluviais, como também com a problemática do escoamento superficial e com o uso do solo. Lombardo (1985) associa o fenômeno da ilha de calor entre as causas das enchentes nas cidades. Segundo o autor, os elementos poluentes que se encontram concentrados contribuem para a formação de condensação, ocasionando enchentes nas áreas urbanas centrais. Além disso, a pavimentação, que torna o solo mais impermeabilizado, piora ainda mais a situação das enchentes.

Segundo Rosa et al. (2017), no município de Cuiabá há predominância de solo residual de baixa permeabilidade. Ensaio de infiltração realizados *in loco* com amostras de solo da Baixada Cuiabana mostraram que o coeficiente de permeabilidade (k) deste solo apresentou valores muito baixos. Consequentemente, a infiltração da água nos poros do solo é lenta. Essa característica do solo somada à ausência de um sistema de drenagem eficiente acarreta enchentes.

2.2.3.5. Verticalidade e densidade demográfica

Segundo Nucci et al. (2005), edificações superiores a 4 pavimentos geram intensificação do uso e ocupação do solo, impactando negativamente na água, ar e

solo. Além disso, com a expansão das cidades, a paisagem horizontal das residências com jardins passa a dar lugar aos novos e altos prédios com ocupação de todo o lote (BUCCHERI FILHO & TONETTI, 2021).

A substituição dos espaços livres de edificação pelos edifícios de elevados pavimentos pode ser uma causa da redução da qualidade do meio ambiente. Oke (1981) apud Lombardo (1985) menciona inúmeros problemas ocasionados pela verticalização, entre eles: sobrecarga da rede de esgoto, rede viária e de água, além de variações causadas no meio físico, como a variação climática, causada devido à formação de corredores de edifícios.

Quanto ao acúmulo de calor, Lombardo (1985) afirma que há o desenvolvimento de estresse térmico no núcleo de grandes edificações, também conhecido como ilha de calor. Este fenômeno pode gerar desconforto térmico em regiões de clima tropical, acima do limite tolerado pela população.

2.2.3.6. *Uso do Solo*

A utilização das informações relativas ao uso do solo é um dos indicadores para se avaliar a qualidade ambiental, uma vez que representa a maneira como a cidade se organiza no espaço.

Por esta razão, Nucci (1996) afirma que utilizar cartas de uso do solo pode ser uma ferramenta importante para a realização do estudo da área e delimitação de unidades de paisagem. A partir dessa análise é possível fazer inferências, uma vez que grande parte da qualidade ambiental possui relação com o tipo de uso do solo.

Segundo Nucci (1998), os estudos que possuem como objetivo analisar a qualidade ambiental urbana, baseados no Planejamento da Paisagem, contribuem para as propostas de melhoria da qualidade de vida da população da cidade. Além disso, o referido autor reforça a importância da escala espacial de acordo com a dimensão da área de estudo, bem como o nível de percepção que se busca. “O nível de percepção pretendido deve ser o do lote, pois se acredita que a cidade como um todo é a consequência da utilização que cada cidadão faz de seu lote”.

2.2.4. Qualidade ambiental: abordagens práticas

Devido à complexidade do tema qualidade ambiental, há uma escassez de informações sistematizadas ao utilizar os indicadores ambientais para avaliar a qualidade do meio ambiente. Ribeiro et al. (2017) compilou diversos estudos relativos à qualidade ambiental, a fim de fazer uma síntese, na qual apresenta os autores, ano e título da publicação, bem como quais indicadores ambientais foram utilizados por cada autor para determinar a qualidade ambiental e o sistema de classificação aplicado.

Dos 25 estudos selecionados por Ribeiro et al. (2017), 07 utilizaram o Sistema de Pressão-Estado-Resposta, e 03 utilizaram o Sistema de Espacialização dos atributos ambientais por meio de cartas temáticas, metodologia proposta por Nucci em 1998.

Ribeiro et al. (2017) apresentou uma síntese dos estudos conforme mostrado no Quadro 2 abaixo:

QUADRO 2 - Síntese dos estudos

	TÍTULO	INDICADORES UTILIZADOS	SISTEMA DE DEFINIÇÃO DE INDICADORES
NUCCI (1998)	Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana.	Ocupação e uso do solo	Espacialização dos atributos ambientais por meio de cartas temáticas.
YOUNG (2000)	Análise comparativa da qualidade e zoneamento Ambiental de duas microbacias urbano - Rurais: Uma contribuição metodológica.	Ocupação e uso do solo, declividade e relevo, tipos de solo, capacidade de uso das terras, cobertura vegetal, hidrografia, sistema viário, atividades socioeconômicas, paisagem, adequabilidade do uso da terra, fragilidade	Aplicação de cartas temáticas para uso em um Sistema de Informações Geográficas - SIG
BADANHAN (2001)	Indicadores e padrões de qualidade ambiental na construção de dutovias para o transporte de gás natural.	Assoreamento, danos à infraestrutura, Disposição de resíduos, entulhos, conduta Imprópria.	Levantamento junto à comunidade, aos órgãos ambientais e recomendações dos empreendedores.
BRAGA (2002)	Índice de sustentabilidade urbana.	Qualidade da água, qualidade da habitação, conforto ambiental, condições de vida, renda, redução da pressão antrópica, políticas públicas ambientais.	Indicadores selecionados a partir de revisão bibliográfica, tendo como balizador a concepção de sustentabilidade
RUFINO (2002)	Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais.	Disposição de Resíduos, qualidade do ar, qualidade da água, cobertura florestal.	Pressão-Estado-Resposta

MATTOS (2005)	Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Piçarrão (Campinas-SP).	Densidade Demográfica, domicílios localizados em aglomerados subnormais, serviço de coleta de lixo domiciliar e domicílios ligados à rede geral de esgoto; Declividade, densidade de drenagem, impermeabilização e exposição do solo e presença de cobertura vegetal e renda dos responsáveis por domicílios; Participação popular no Orçamento Participativo, prioridades definidas no Orçamento Participativo ligadas à melhoria da qualidade ambiental, diretrizes definidas pelo Plano Diretor de Campinas, referentes à melhoria da qualidade ambiental.	Pressão-Estado-Resposta
BRIGUENTI (2005)	O uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da bacia do Ribeirão Anhumas.	Aspectos dos elementos físicos do geossistema (relevo, hidrografia, solo e topografia), os inputs que representam o fator antrópico (população, arruamento, domicílios, renda, escolaridade e destino de lixo), Áreas preservadas e/ou com cobertura vegetal (áreas verdes e parques urbanos).	Pressão-Estado-Resposta
CAMARGO (2005)	Qualidade ambiental e adensamento Urbano na cidade de Presidente Prudente (SP).	Densidade populacional, Uso e Ocupação do Solo, Pontos de Enchentes, Temperatura.	Espacialização dos atributos ambientais por meio de cartas temáticas (Metodologia proposta por NUCCI, 1998)
NICHOL (2005)	Modelando qualidade ambiental urbana em uma cidade tropical.	Conforto térmico, cobertura vegetal, densidade de edificação, poluição do ar e composição da vegetação	Modelagem de sistemas ambientais por meio de sensoriamento remoto
FREITAS E LOMBARDI (2007)	Índices Urbanísticos e Qualidade Ambiental em Áreas Centrais em Metrópoles: O caso de São Paulo	Composição da vegetação arbórea, corpos d' água, prédios altos (acima de quatro pavimentos).	Modelagem de sistemas ambientais por meio de sensoriamento remoto
MORATO (2004)	Análise espacial e desigualdade ambiental no município de São Paulo.	Abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo, arborização urbana, ocorrência de inundações e/ou escorregamentos, presença de reservatórios de retenção das águas pluviais (piscinões) e áreas contaminadas	Aplicação de cartas temáticas para uso em um Sistema de Informações Geográficas - SIG
SOUZA (2009)	Qualidade Ambiental em cidades médias: Estudo de caso da cidade de Campos dos Goytacazes.	Efeitos da verticalização, intensidade de tráfego	Levantamento junto à comunidade (entrevista)
BARGOS (2010)	Mapeamento e análise das áreas verdes urbanas como indicador de qualidade ambiental: Estudo de caso de Paulínia (SP).	Cobertura vegetal, ocupação e uso da terra, densidade demográfica, distribuição de renda.	Aplicação de cartas temáticas para uso em um Sistema de Informações Geográficas - SIG
ZHU (2010)	Análise e modelagem da qualidade ambiental urbana: Estudo de caso em Xiamen (China).	Uso do solo; Monitoramento do Controle de Poluição.	Pressão-Estado-Resposta
ROSSATO (2010)	Condições econômicas e nível de qualidade ambiental no Estado do Rio Grande do Sul.	Percentual de áreas com florestas nativas e plantadas, índice de saneamento, índice de potencial poluidor da indústria, porcentual de domicílios particulares permanentes que jogam lixo em terreno baldio ou logradouro; e porcentual de domicílios queimam lixo em sua propriedade.	Modelagem de Sistemas Ambientais
LIMA (2011)	Do mapa ao modelo: Representação da qualidade ambiental urbana de Osvaldo Cruz (SP).	Densidade populacional, Áreas de risco de enchentes, Cobertura vegetal arbórea	Planejamento da paisagem, estudos aplicados a Ecologia da Paisagem.

DIAS (2011)	Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá (MT).	Indicadores de Infraestrutura no saneamento básico e cobertura vegetal.	Levantamento Bibliográfico (nenhum sistema definido)
VASILE (2011)	Avaliação da qualidade ambiental na Romênia.	50 indicadores escolhidos	Pressão-Estado-Resposta
SEIFOLLAHI (2011)	Avaliação da qualidade ambiental urbana de Teerã (Irã), com base em indicadores de sustentabilidade.	Uso do solo, Indicadores Socioeconômicos	Análise Comparativa de Indicadores
DAMASCENO (2012)	Análise da qualidade ambiental urbana na cidade de Uberlândia (MG) a partir de indicadores socioambientais.	Abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo, domicílios improvisados.	Aplicação de cartas temáticas para uso em um Sistema de Informações Geográficas - SIG (Modelo de MORATO, 2008)
PECHE (2012)	Desenvolvimento de índices de qualidade ambiental baseados em lógica difusa. Um estudo de caso.	Compactação, pH, salinidade e matéria orgânica de solos.	Modelagem a partir dos princípios de lógica difusa.
MINAKI (2012)	Análise da qualidade ambiental urbana.	Ocupação e uso do solo, poluição, cobertura vegetal, densidade de edificação, espaços livres, conforto térmico.	Espacialização dos atributos ambientais por meio de cartas temáticas (metodologia proposta por NUCCI, 1998)
ASSIS (2013)	Qualidade ambiental urbana: Avaliação da área central da cidade de Ituiutaba (MG).	Uso do Solo; Atividades Potencialmente Poluidoras; Enchentes; Verticalidade das Edificações; Densidade Demográfica; Espaços Livres Públicos e Áreas Verdes.	Análises dos usos e elaboração de cartas temáticas.
RIBEIRO (2013)	Avaliação da qualidade ambiental no município de Aparecida de Goiânia (GO).	Resíduos sólidos, pavimentação asfáltica, rede de drenagem pluvial, densidade demográfica, perda de água tratada na rede de abastecimento, processos erosivos, áreas de descarte irregular de resíduos, qualidade da água, taxa de desmatamento, vegetação remanescente, implantação de parques municipais, população com acesso a água tratada, população atendida por sistema de esgotamento sanitário.	Pressão-Estado-Resposta
TEZA (2016)	Proposta de modelagem de qualidade ambiental em áreas metropolitanas, por meio de dados de sensoriamento remoto	Morfometria de bacias, declividade, evapotranspiração real, supressão da vegetação, desconforto térmico, impermeabilização e intensidade de queimada.	Pressão-Estado-Resposta

FONTE: Adaptado de RIBEIRO et al., 2017

Ribeiro et al. (2017) afirma que, para alguns pesquisadores, a qualidade ambiental deve ser definida com base no conceito de sustentabilidade. Em contrapartida, há estudos que somente fazem referência a esse conceito. Por fim, após analisar os conceitos de qualidade ambiental dos estudos compilados, percebe-se que os indicadores pertencentes a essa temática não são precisos e definitivos. Dependendo da perspectiva utilizada no conceito de qualidade ambiental, a escolha dos indicadores pode variar. A formação de um sistema de classificação de indicadores com o objetivo

de avaliar a qualidade ambiental envolve a dificuldade de associar informações geradas em variadas escalas e unidades.

2.2.5. Metodologia proposta por Liberti & Nucci (2018)

A metodologia de Liberti & Nucci (2018) tem como objetivo gerar uma carta síntese de qualidade ambiental a partir do cruzamento de cartas temáticas de uso do solo e cobertura da terra. Para construção da carta de qualidade ambiental, os autores sugerem a utilização do SIG (Sistemas de Informações Geográficas), uma vez que este sistema permite a realização de cruzamentos complexos de cartas temáticas para a elaboração de cartas sínteses.

Para realização da carta de uso do solo, a metodologia do mapeamento baseia-se no método de Nucci et al. (2019). Essa metodologia propõe uma legenda para mapear os lotes de acordo com seu uso, considerando o porte dos estabelecimentos, sendo representados pelos níveis de Qualidade Ambiental (QA). A Figura 1 apresenta um quadro resumo como uma proposta de legenda. Na proposta, observa-se a hierarquização dos tipos de uso de acordo com a potencialidade de aumento ou redução da qualidade ambiental.

Na proposta de legenda, os usos foram agrupados em classes numeradas de 1 a 4. Além disso, foram inseridos 15 níveis de qualidade ambiental distribuídos entre as classes conforme as características de uso e o porte do estabelecimento.

Na classe 1, de melhor qualidade, estão os usos referentes à preservação e conservação da natureza, recreação em contato com a natureza. Nesses espaços, os cursos d'água e a vegetação são elementos de grande relevância, favorecendo para a melhoria da qualidade ambiental. Nessa classe, os tons variam de verde escuro (QA +1) a verde claro (QA -2).

A classe 2 compreende os usos residenciais e alguns serviços. O uso residencial contempla dois níveis diferentes de acordo com o número de pavimentos (QA -3 e QA -4). Já o uso de serviço foi subdividido em dois níveis (QA -5 e QA -6).

Essa subdivisão entre os usos de serviços refere-se ao impacto que o serviço pode ocasionar na qualidade ambiental. Os tons variam de amarelo à laranja.

	Índice	Usos	Exemplo
CLASSE 1	QA +1	Conservação da natureza e recreação em contato com a natureza	Unidades de Conservação, parques e bosques urbanos
	QA 0	Recreação e salvaguarda de bens de valor histórico, artístico, arquitetônico, arqueológico e paisagístico	Espaços livres de edificação: praças, jardins, playground, terreno baldio
	QA -1	Recreação e salvaguarda de bens de valor histórico, artístico, arquitetônico, arqueológico e paisagístico	Espaços edificados como clubes esportivos sociais, de campo e náuticos
	QA -2	Atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais	Pesquisa, manejo e educação ambiental, captação e água mineral
CLASSE 2	QA -3	Residencial unifamiliar	Edificações de até 4 pavimentos
	QA -4	Conjunto residencial	Edificações acima de 4 pavimentos
	QA -5	Serviço de pequeno porte com lotação de até 100 pessoas	Educação e cuidados infantis, clínicas (dentária, médica e veterinária), cartório, funerária, local de reunião, cabeleireiros, lavanderias, escritórios em geral, agência bancária, manutenção residencial, ensino pré-escolar, casa de repouso, flats
	QA -6	Serviço e comércio de pequeno porte. Máximos: 1.500m ² de área construída, 100 lugares, 40 vagas de estacionamento	Açougue, mercearia, padaria, bar lanchonete, sorveteria, restaurante, local de culto
CLASSE 3	QA -7	Serviço e comércio de médio porte. Máximos: 7.500m ² , 500 lugares.	Asilo, estabelecimento de ensino, delegacia de polícia, local de reunião, academia, clube, comércio de alimentos, serviços de saúde, autoescola
	QA -8	Serviço e comércio de grande porte. Acima de 7.500m ² e de 500 lugares.	Universidades, serviços de saúde, local de reunião, local de culto, supermercado
	QA -9	Serviços e comércio de grande porte. (acima de 7.500m ² , mais de 500 lugares, 200 vagas de estacionamento) e oficinas.	Garagem de ônibus, caminhões e de máquinas, aluguel de veículos, centro de inspeção, penitenciária, quartéis, quadra de escola de samba, terminal rodoviário, estações de metrô e de trem. Mecânica em geral e ferro velho
CLASSE 4	QA -10	Atividade industrial nível 1	Fabricação de artigos de vestuário, de artefatos de papel, de máquinas para escritório, equipamentos de informática. Lavanderia hospitalar, marcenaria, serralheria, gráfica, posto de combustíveis, funilaria, aeroportos e helipontos
	QA -11	Atividade industrial nível 2	Fabricação de produtos alimentícios e bebidas; de produtos têxteis (sem operações de fiação, tecelagem, beneficiamento e tingimento), de artefatos de couro, de produtos de plástico, madeira, palha, cortiça e bambu
	QA -12	Atividade industrial nível 3	Fabricação de conservas, produtos de cereais, refino de óleos. Automobilística. Extração de carvão, petróleo. Gestão de resíduos sólidos, ETA e ETE. Depósito de inflamáveis. Comércio de fogos de artifício. Cemitérios
	QA -13	Atividade industrial nível 4	Fabricação de óleos, rações, celulose. Curtimento. Fabricação de coque, refino de petróleo, intermediários para fertilizantes, resinas e fibras. Fabricação de explosivos, solventes, cimento, cal, telhas, produção de gusa, ferro e aço

FIGURA 1 - Proposta de legenda para a correlação entre usos da terra e qualidade ambiental

FONTE: NUCCI et al., 2019

Com relação à classe 3, estão os serviços e comércios divididos de acordo com o porte dos estabelecimentos (QA -7 e QA -8) e um nível para comércio de grande porte e oficinas (QA -9). A representação na legenda varia da cor rosa claro até vermelho escuro.

Por fim, a classe 4 refere-se aos usos industriais, variando de QA -10 a QA -13 à medida em que ocorre a redução da qualidade ambiental. Os variados tipos de indústrias foram classificados de acordo com os impactos ambientais negativos que podem causar, como níveis de ruído, vibração, poluição ambiental, como também fluxos de veículos de carga e descargas. A cor da legenda varia de cinza claro até cinza escuro, podendo chegar a cor preta. Nessa última cor, são classificados os usos industriais altamente poluidores, os quais, segundo Nucci et al. (2019), não devem existir em áreas urbanas.

Para a elaboração da carta de cobertura da terra, o mapeamento teve como referência a metodologia de Valaski (2013) e adaptado por Nucci, Ferreira e Valaski (2014). A legenda proposta pelos autores refere-se às características físicas da paisagem, levando em consideração se os espaços estão edificadas, bem como o tamanho das edificações e o número de pavimentos. Além disso, verificam-se aspectos sobre a permeabilidade solo e se há presença de vegetação, bem como o seu porte. A Figura 2 apresenta a proposta de legenda para classificação da cobertura da terra.



FIGURA 2 – Proposta de legenda para cobertura da terra

FONTE: VALASKI (2013) e NUCCI, FERREIRA & VALASKI (2014)

A partir dessa legenda, torna-se possível obter conclusões sobre a qualidade ambiental do local urbanizado.

Após realizar os mapeamentos do uso e da cobertura da terra, Liberti & Nucci (2018) cruzaram as cartas obtidas (de uso e de cobertura da terra) a fim de se obter uma terceira carta de qualidade ambiental, conforme o esquema apresentado na Figura 3.



FIGURA 3 – Mapa esquemático da metodologia de Liberti & Nucci (2018)

3. ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo tem uma área de 5,74 km² e está localizada na porção leste do município de Cuiabá (Figura 4).

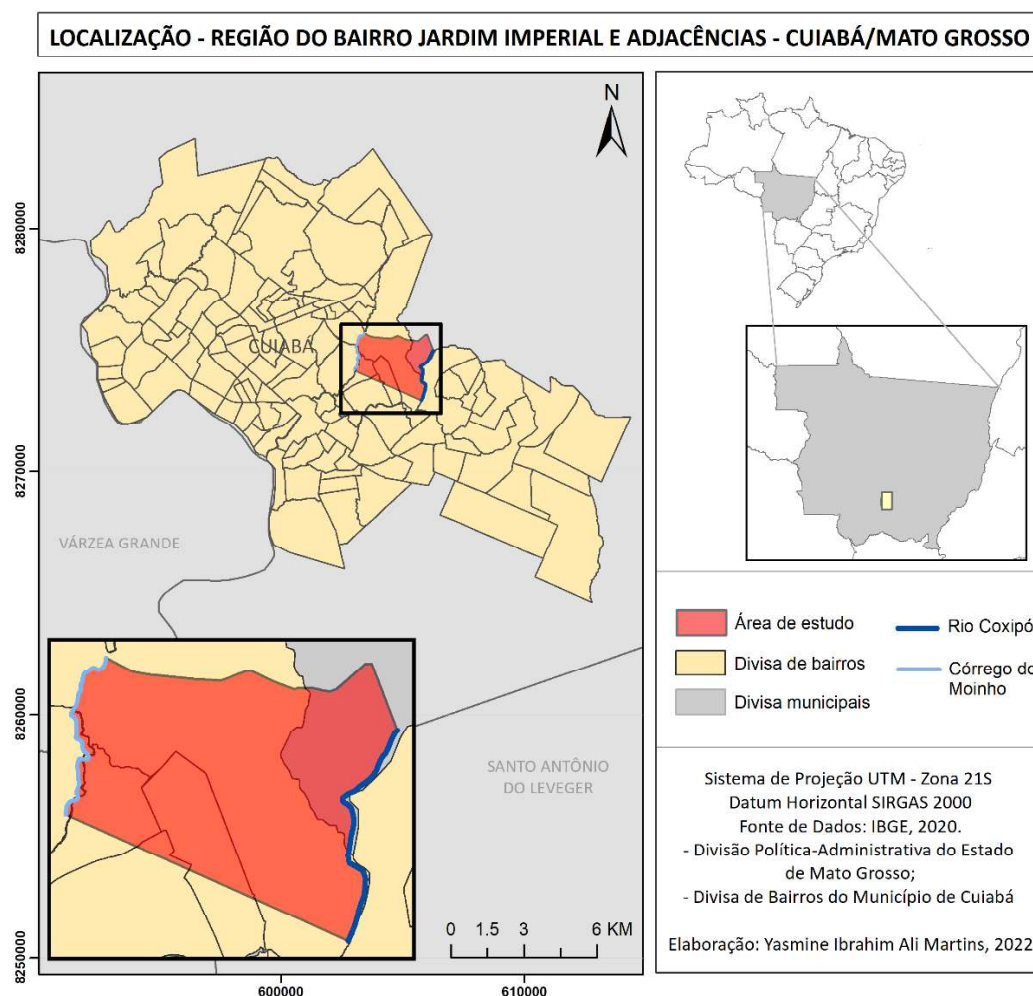


FIGURA 4 – Localização da área de estudo

A área estudada contempla partes dos bairros Jardim Imperial, Recanto dos Pássaros e parte da Área de Expansão Urbana Leste, sendo a região delimitada ao sul pela Avenida das Torres, ao norte pela Rua Um, ao oeste pelo Córrego do Moinho e ao leste pelo Rio Coxipó.

3.1. EVOLUÇÃO DO PERÍMETRO URBANO – CUIABÁ-MT

A região compreendida pela área de estudo passou por um processo de urbanização intenso nos últimos anos. Para entender esse processo, é importante explanar sobre a evolução do perímetro urbano do município de Cuiabá.

Desde o ano de 1938 até os dias atuais, a cidade de Cuiabá já contou com 10 (dez) regulamentações definindo o seu perímetro urbano, as quais estão apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Evolução do perímetro urbano de Cuiabá (1938-2007)

Ano	Lei nº	Área (km ²)	Acréscimo (km ²)	Variação %	População Urbana	Variação %	Densidade hab/ha
jul/1938	Ato 176	2,59	—	—	—	—	—
jul/1960	534	4,50	1,91	73,75	45.875	—	101,94
mar/1974	1.346	48,45	43,95	976,67	122.284	166,56	25,24
abr/1978	1.537	104,98	56,53	116,68	164.896	34,85	15,71
nov/1982	2.023	153,06	48,08	45,80	222.303	34,81	14,52
dez/1994	3.412	251,94	98,88	64,60	420.044	88,95	16,67
dez/2003	4.485	256,31	4,37	1,73	517.193	23,13	20,18
jul/2004	4.598	252,58	-3,73	-1,46	531.504	2,77	21,04
dez/2004	4.719	254,57	1,99	0,79	531.504	0,00	20,88
jan/2007	150*	254,57	0,00	0,00	576.855	8,53	22,66

* Lei Complementar nº. 150/2007.

FONTE: Adaptado de Leis Municipais. Organização IPDU/DPI; IPDU/DPI com base nos Censos Demográficos /IBGE.

Cabe mencionar que a partir da Lei n.º 2.023 de 9 de novembro de 1982, que dispõe sobre o uso e a ocupação do solo urbano no município de Cuiabá, a área objeto deste estudo passou a fazer parte da zona urbana da cidade de Cuiabá.

A Figura 5 apresenta a síntese da evolução do perímetro urbano de Cuiabá desde o Ato n.º 176 de 25 de julho de 1938 até a Lei nº 4.719 de 30 de dezembro de 2004. Após esta, em 29 de janeiro de 2007, foi sancionada a Lei Complementar nº. 150/2007. Por fim, após várias alterações na Lei de Uso do Solo, foi aprovada a Lei Complementar nº 389, de 03 de novembro de 2015, que dispõe sobre o uso, a ocupação e a urbanização do solo urbano na cidade de Cuiabá, sendo esta atualmente a lei em vigência. O mapa de uso e ocupação encontra-se no Anexo A.

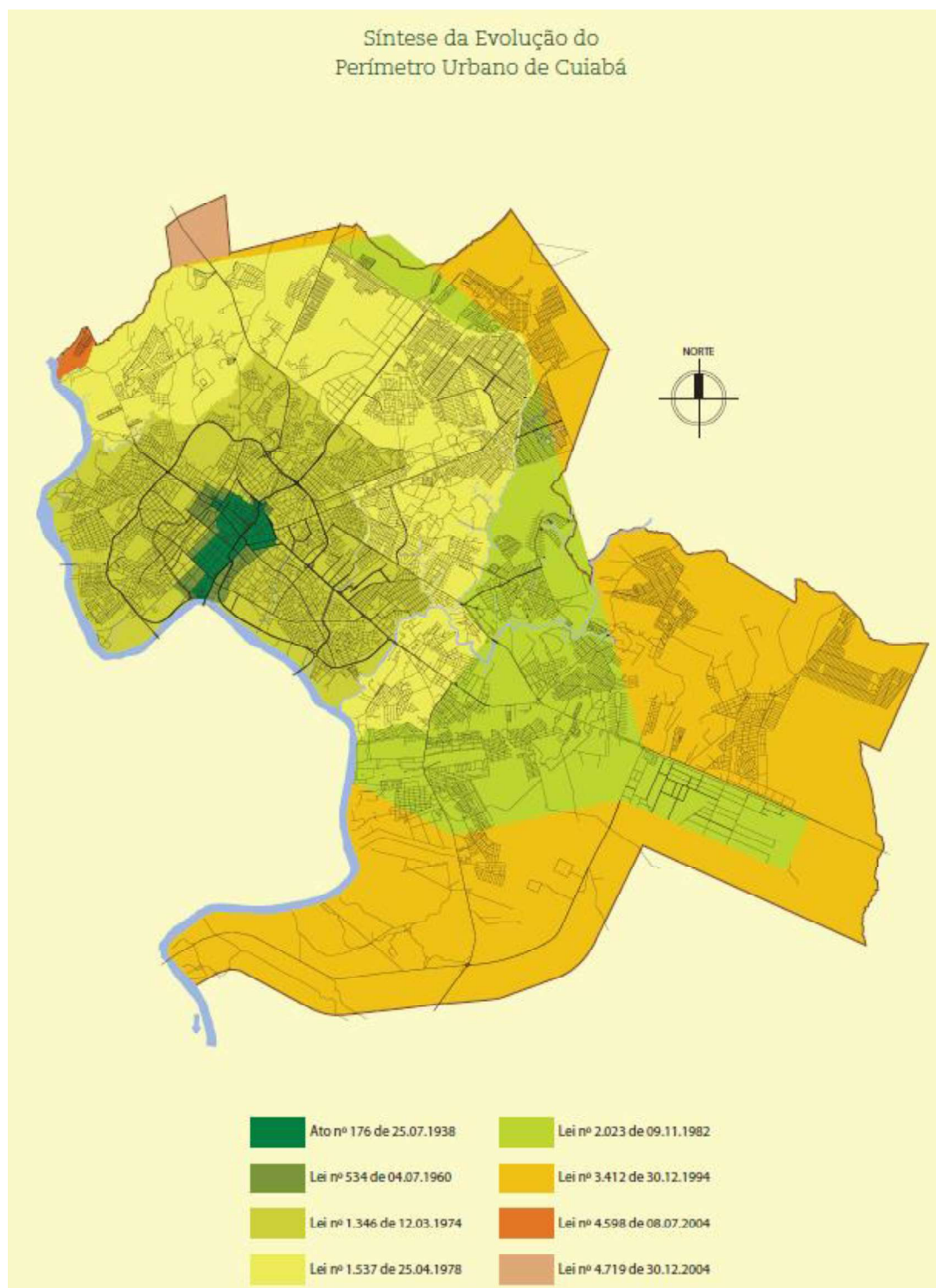


FIGURA 5 – Síntese da evolução do perímetro urbano de Cuiabá
FONTE: Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico de Cuiabá (2007)

3.2. PERFIL SOCIOECONÔMICO

Segundo o Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento Urbano, Diretoria de Pesquisa e Informação - IPDU/DPI/2007, com base no Censo Demográfico IBGE/2000, verifica-se que o perfil socioeconômico da região estudada abrange uma classe de renda médio-alta no bairro Recanto dos Pássaros e renda média no bairro Jardim Imperial. O restante da região é a Área de Expansão Urbana, a qual ainda não foi enquadrada em nenhuma classificação. A Figura 6 apresenta a classificação por renda das regiões na área de estudo.

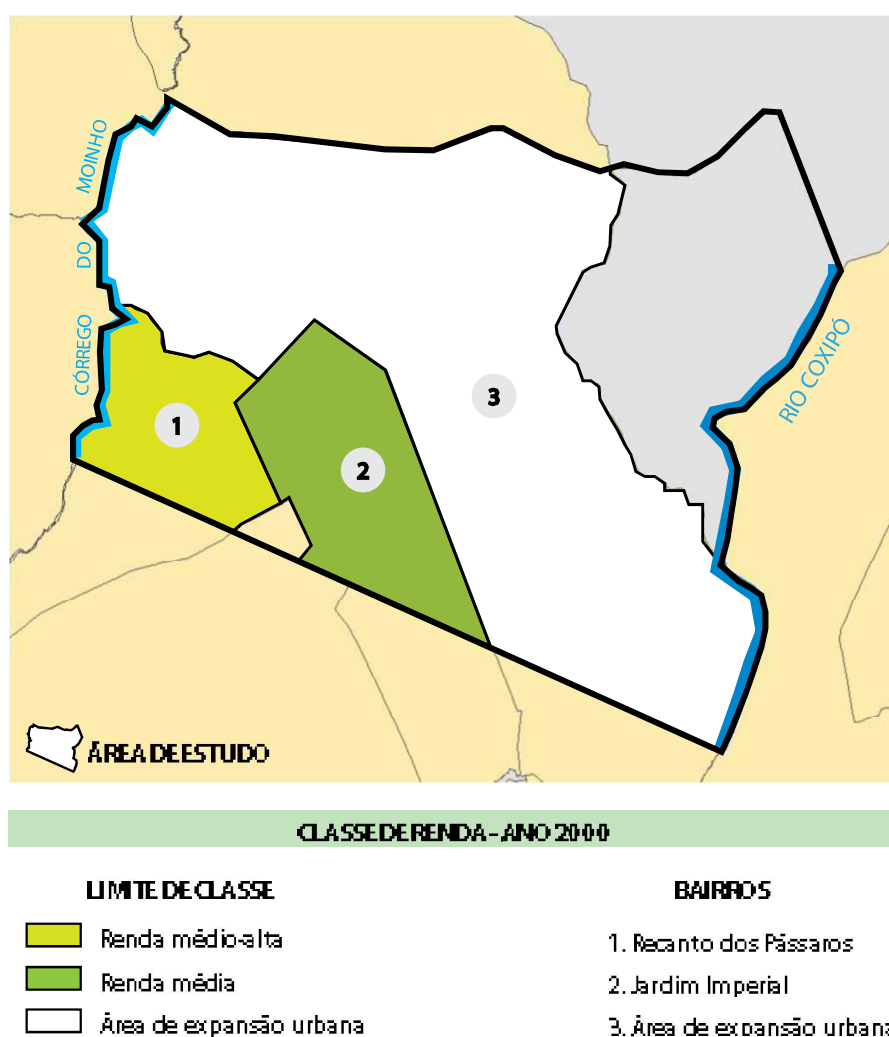


FIGURA 6 – Classe de renda da área de estudo – Ano 2000

Pode-se inferir que, a Área de Expansão Urbana contemplada na região estudada, que ainda não obteve classificação de renda, poderá ser classificada como de renda médio-alta e renda alta. Tal inferência é devido ao fato da presença do

surgimento de condomínios como os Condomínios Belvedere I e II, com terrenos de valor agregado e construções de alto padrão.

Com relação à população, o último censo, realizado no ano de 2010, apontou que a cidade de Cuiabá possuía, naquele ano, uma população de 551.098 habitantes. A estimativa para o ano de 2020 era de 618.124 pessoas, conforme apresentado a Figura 7 (PDDM, 2021). Contudo, ainda não foi realizado um novo censo.

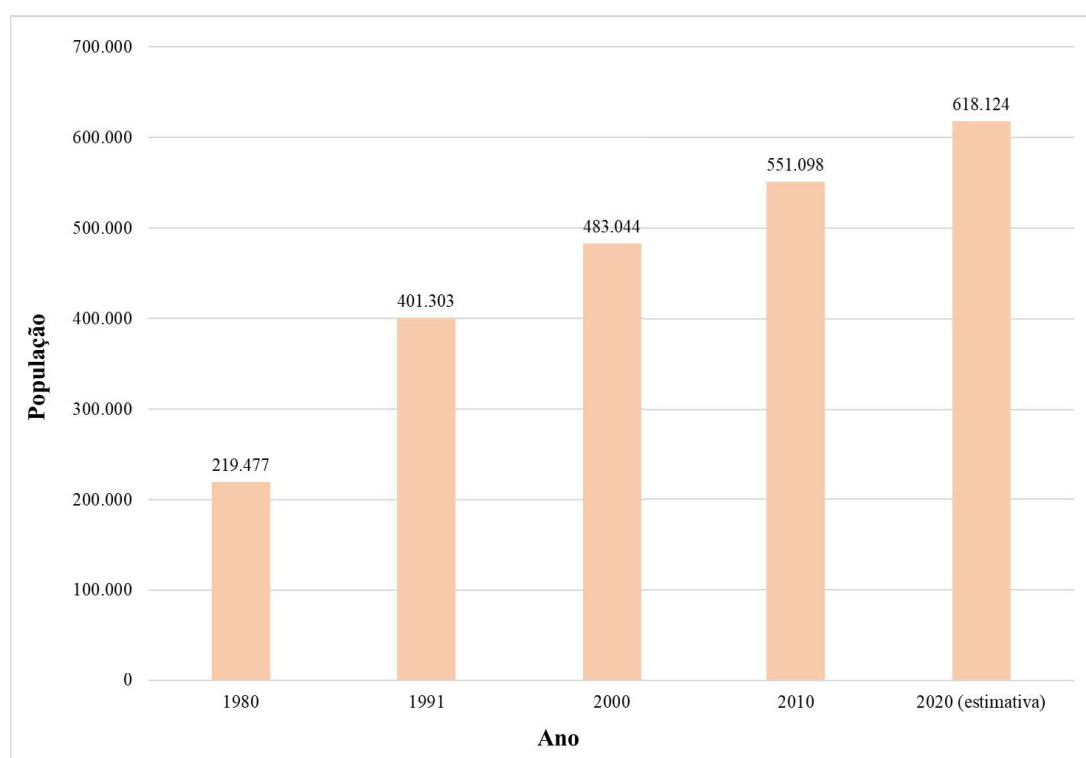


FIGURA 7 – Evolução populacional do município de Cuiabá, 1980 – 2020
FONTE: Adaptado de PDDM, 2021

Os dados apresentados na Figura 7 foram obtidos do Censos Demográficos IBGE.

3.3. OCUPAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO AO LONGO DOS ANOS

Com o auxílio de imagens de satélite do *software Google Earth*, ao analisar a ocupação da área de estudo nas últimas duas décadas, nota-se que a Área de Expansão Urbana Leste se encontrava inalterada em sua maioria, com vasta área verde. Além disso, a urbanização se restringia basicamente aos bairros Jardim Imperial e Recanto dos Pássaros. Contudo, nos anos posteriores, observa-se que a cidade foi se

expandindo na região da expansão urbana, o que era vegetação deu lugar a diversos loteamentos de condomínios fechados. A Figura 8 apresenta essa evolução com imagens dos anos nos quais as mudanças foram mais significativas.

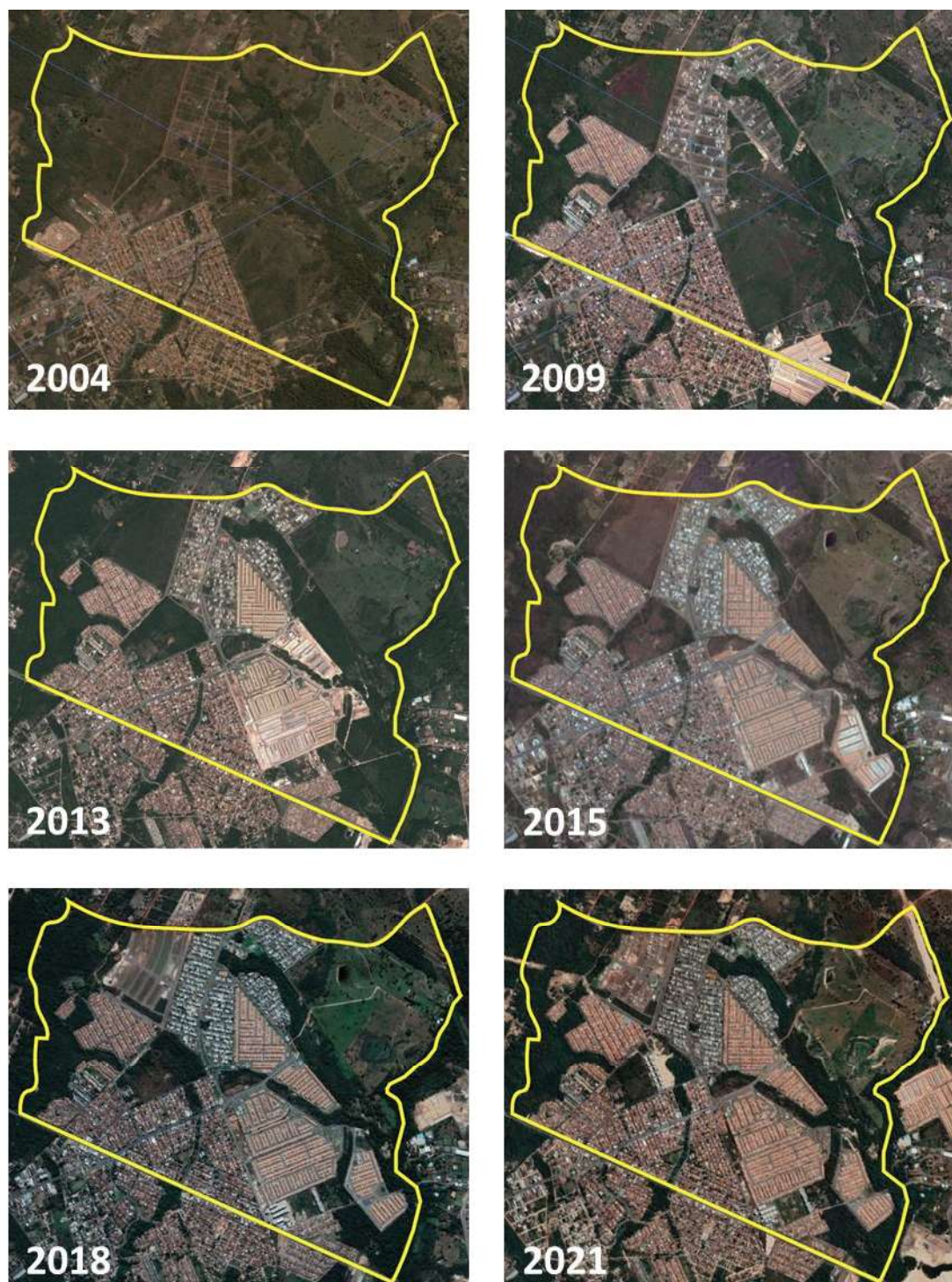


FIGURA 8 – Ocupação da área de estudo ao longo dos anos

Considerando esse cenário de expansão urbana e a notável retirada de vegetação nativa, a escolha desse recorte espacial como objeto desta pesquisa é justificada pela relevância de sua localização geográfica, uma vez que a área está situada entre dois cursos d'águas, Rio Coxipó e Córrego do Moinho, sendo uma região que abriga remanescentes importantes de vegetação nativa.

Além disso, ao analisar a evolução do perímetro urbano, nota-se que a região passou por intensa modificação tanto no uso do solo quanto no aspecto da cobertura da terra. Nota-se também o surgimento de condomínios residenciais de médio e alto padrão, com centenas de lotes.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho foi utilizada a proposta apresentada por Liberti & Nucci (2018), item 2.2.5. *Metodologia proposta por Liberti & Nucci (2018)*. Esta metodologia consiste em realizar o mapeamento do uso e cobertura da terra da região estudada no ano de 2021, gerando duas cartas temáticas distintas. Posteriormente, realiza-se o cruzamento de ambas as cartas a fim de obter uma única carta da qualidade ambiental para área de estudo.

As bases cartográficas da região foram elaboradas por meio do *software* ArcGIS 10.1 – módulo ArcMap, de maneira manual, para a realização do presente trabalho. Primeiramente, utilizou-se uma imagem de satélite do *Google Earth*, devidamente georreferenciada no Sistema de Projeção UTM – Zona 21 S, SIRGAS 2000, como base para o desenho do *shapefile* da região. Para obter uma maior precisão do traçado do arruamento, quadras e lotes, utilizou-se como guia o aplicativo *Smart Gis*, disponibilizado pela Prefeitura de Cuiabá (2022), uma vez que por meio desse navegador público é possível verificar o contorno de cada lote, bem como a área construída das edificações.

Após a elaboração do *shapefile* da região de estudo, foi realizado o mapeamento do uso do solo, com base no método proposto por Nucci et al. (2019). Esse método consiste em verificar o tipo de uso em cada lote urbano, considerando o porte de cada estabelecimento e a sua capacidade de lotação.

Na proposta de legenda apresentada na Figura 1, nota-se que os usos são hierarquizados segundo as potencialidades em causar poluição ao meio ambiente, sendo representados pelos níveis de Qualidade Ambiental (QA). Dessa maneira, quando se identifica e classifica o uso do solo, por consequência a qualidade ambiental também é classificada. Importante mencionar que a legenda apresentada na Figura 1 mostra exemplos de usos. Uma lista detalhada especificando diversos usos para cada classe de qualidade ambiental é apresentada no Anexo B.

Para realizar a classificação dos usos do solo, utilizou-se o *Google Maps* e o Navegador Público para verificar o uso atual do local. Além disso, para validar e

certificar os dados, foram realizadas algumas visitas *in loco* e verificação via telefone a fim de atestar o funcionamento do estabelecimento analisado.

Por sua vez, o mapeamento de cobertura da terra foi elaborado a partir da análise de cada lote da região de estudo, com base na metodologia proposta por Valaski (2013) e adaptado por Nucci, Ferreira e Valaski (2014). O método leva em consideração os aspectos físicos da paisagem, analisando se os espaços possuem, ou não, edificações, bem como o tamanho das edificações e quantidade de pavimentos. Além disso, verifica se há a presença de vegetação, o seu porte e aspectos sobre a permeabilidade do solo (Figura 2).

Essa classificação possibilita inferir sobre o grau da qualidade ambiental do meio urbano analisado, conforme mostrado na Figura 9.

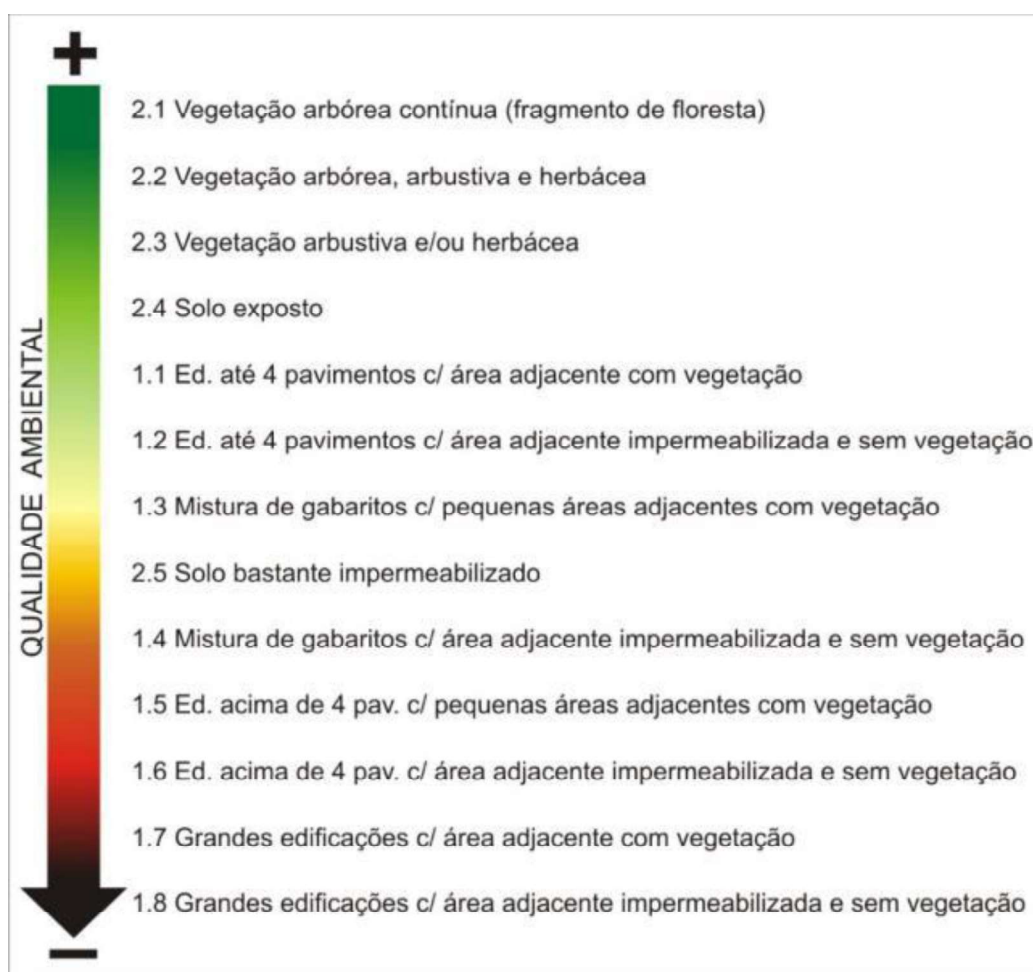


FIGURA 9 – Proposta de legenda para cobertura da terra (gradiente)

FONTE: VALASKI (2013) e NUCCI, FERREIRA & VALASKI (2014)

Por fim, após obter o mapeamento do uso e da cobertura da terra, foi realizada a atribuição de pesos às classes, na qual o menor valor representa as melhores classes de uso e de cobertura. Por outro lado, à medida que os valores aumentam, há uma redução da qualidade ambiental determinada na legenda proposta. Assim, os valores atribuídos às classes de uso e de cobertura da terra foram somados, dando origem a uma terceira carta de classificação referente à qualidade ambiental da região analisada.

A Tabela 2 apresenta a distribuição dos pesos para as classes de uso e de cobertura da terra, bem como o resultado da somatória dos pesos. Este resultado representa a classe de qualidade ambiental. Nota-se pelas somatórias que as possíveis combinações de resultados variam entre 1 e 19, sendo aquela a de melhor qualidade ambiental e esta a de pior qualidade.

TABELA 2 - Pesos atribuídos para as classes de uso e cobertura da terra e o resultado da somatória

Classes	Uso da terra	Usos não ident.	QA +1	QA +0	QA -1	QA -2	QA -3	QA -5	QA -6	QA -7	QA -9	QA -10	QA -12	QA -13
Cobertura da terra	Pesos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Resultado da somatória dos pesos												
2.1	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.2	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2.3	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2.4	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2.5	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.1	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.2	7	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Importante mencionar que na carta de uso da terra foi atribuído o valor 0 (zero) para a classe de “usos não identificados”, de modo a representar um valor neutro dentro da somatória. Ou seja, foi atribuído o valor 0 (zero) para os lotes os quais não foram possíveis identificar o seu tipo de uso e que, dessa forma, não fazem parte da análise sobre a qualidade ambiental. Além dos lotes com usos não identificados, o sistema viário e hidrografia também não integraram a análise sobre a qualidade ambiental.

O cruzamento das cartas temáticas de uso e cobertura foi realizado no ArcGis, com a utilização da ferramenta *intersect*. Tal ferramenta intersecciona duas *layers* e a saída é uma *layer* que apresenta apenas o que se sobrepõe em todas as *layers* de entrada, combinando as tabelas de atributos. Posteriormente, a tabela de atributos foi exportada do ArcGis para o Excel, no qual foi aplicada a função de condição (SE, SE NÃO). Por fim, a tabela de atributos foi associada ao *shapefile* por meio da ferramenta *join field*, permitindo, assim, gerar o resultado da carta de qualidade ambiental da área estudada.

Entre a Tabela 3 e a Tabela 9 são detalhadas as combinações e os resultados da somatória dos pesos para cada combinação.

TABELA 3 - Pesos dos espaços não edificados com vegetação arbórea contínua (fragmento de floresta) *versus* classes de uso do solo

Combinação	Resultado da Somatória dos Pesos
2.1 & QA+1	2
2.1 & QA+0	3
2.1 & QA-1	4
2.1 & QA-2	5
2.1 & QA-3	6
2.1 & QA-5	7
2.1 & QA-6	8
2.1 & QA-7	9
2.1 & QA-9	10
2.1 & QA-10	11
2.1 & QA-12	12
2.1 & QA-13	13

TABELA 4 - Pesos dos espaços não edificadados com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea *versus* classes de uso do solo

Combinação	Resultado da Somatória dos Pesos
2.2 & QA+1	3
2.2 & QA+0	4
2.2 & QA-1	5
2.2 & QA-2	6
2.2 & QA-3	7
2.2 & QA-5	8
2.2 & QA-6	9
2.2 & QA-7	10
2.2 & QA-9	11
2.2 & QA-10	12
2.2 & QA-12	13
2.2 & QA-13	14

TABELA 5 - Pesos dos espaços não edificadados com vegetação arbustiva e/ou herbácea *versus* classes de uso do solo

Combinação	Resultado da Somatória dos Pesos
2.3 & QA+1	4
2.3 & QA+0	5
2.3 & QA-1	6
2.3 & QA-2	7
2.3 & QA-3	8
2.3 & QA-5	9
2.3 & QA-6	10
2.3 & QA-7	11
2.3 & QA-9	12
2.3 & QA-10	13
2.3 & QA-12	14
2.3 & QA-13	15

TABELA 6 - Pesos dos espaços não edificadados com solo exposto *versus* classes de uso do solo

Combinação	Resultado da Somatória dos Pesos
2.4 & QA+1	5
2.4 & QA+0	6
2.4 & QA-1	7
2.4 & QA-2	8
2.4 & QA-3	9
2.4 & QA-5	10
2.4 & QA-6	11
2.4 & QA-7	12
2.4 & QA-9	13
2.4 & QA-10	14
2.4 & QA-12	15
2.4 & QA-13	16

TABELA 7 - Pesos dos espaços não edificadados com solo bastante impermeabilizado *versus* classes de uso do solo

Combinação	Resultado da Somatória dos Pesos
2.5 & QA+1	6
2.5 & QA+0	7
2.5 & QA-1	8
2.5 & QA-2	9
2.5 & QA-3	10
2.5 & QA-5	11
2.5 & QA-6	12
2.5 & QA-7	13
2.5 & QA-9	14
2.5 & QA-10	15
2.5 & QA-12	16
2.5 & QA-13	17

TABELA 8 - Pesos das edificações de até 4 pavimentos e área adjacente com vegetação *versus* classes de uso do solo

Combinação	Resultado da Somatória dos Pesos
1.1 & QA+1	7
1.1 & QA+0	8
1.1 & QA-1	9
1.1 & QA-2	10
1.1 & QA-3	11
1.1 & QA-5	12
1.1 & QA-6	13
1.1 & QA-7	14
1.1 & QA-9	15
1.1 & QA-10	16
1.1 & QA-12	17
1.1 & QA-13	18

TABELA 9 - Pesos das edificações de até 4 pavimentos e área adjacente sem vegetação *versus* classes de uso do solo

Combinação	Resultado da Somatória dos Pesos
1.2 & QA+1	7
1.2 & QA+0	8
1.2 & QA-1	9
1.2 & QA-2	10
1.2 & QA-3	11
1.2 & QA-5	12
1.2 & QA-6	13
1.2 & QA-7	14
1.2 & QA-9	15
1.2 & QA-10	16
1.2 & QA-12	17
1.2 & QA-13	18

Nota-se que, ao total, foram extraídas 84 combinações. Ao serem inseridas no ArcGis, foi possível constatar a classe de qualidade de cada um dos lotes, bem como quais combinações estão presentes na região de estudo.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste tópico serão apresentados os resultados das cartas temáticas de uso do solo e cobertura da terra, bem como a carta de qualidade ambiental resultante do cruzamento das referidas cartas.

Primeiramente, cabe mencionar que a área total da região estudada, incluindo lotes, praças, ruas e avenidas, equivale a 5.773.934,78 m². Desse valor, as ruas e avenidas com a área de 661.367,89 m² representam 11,45% da área de estudo e não receberam nenhuma classificação.

Com relação à carta de uso do solo, nota-se a sua importância no contexto da análise e compreensão do potencial de impacto ambiental, uma vez que leva em consideração os recursos naturais utilizados, bem como os tipos de poluentes lançados no meio ambiente. A partir da elaboração da carta temática de uso do solo verificou-se que na área estudada foram encontradas 12 (doze) classes de uso (Figura 10).

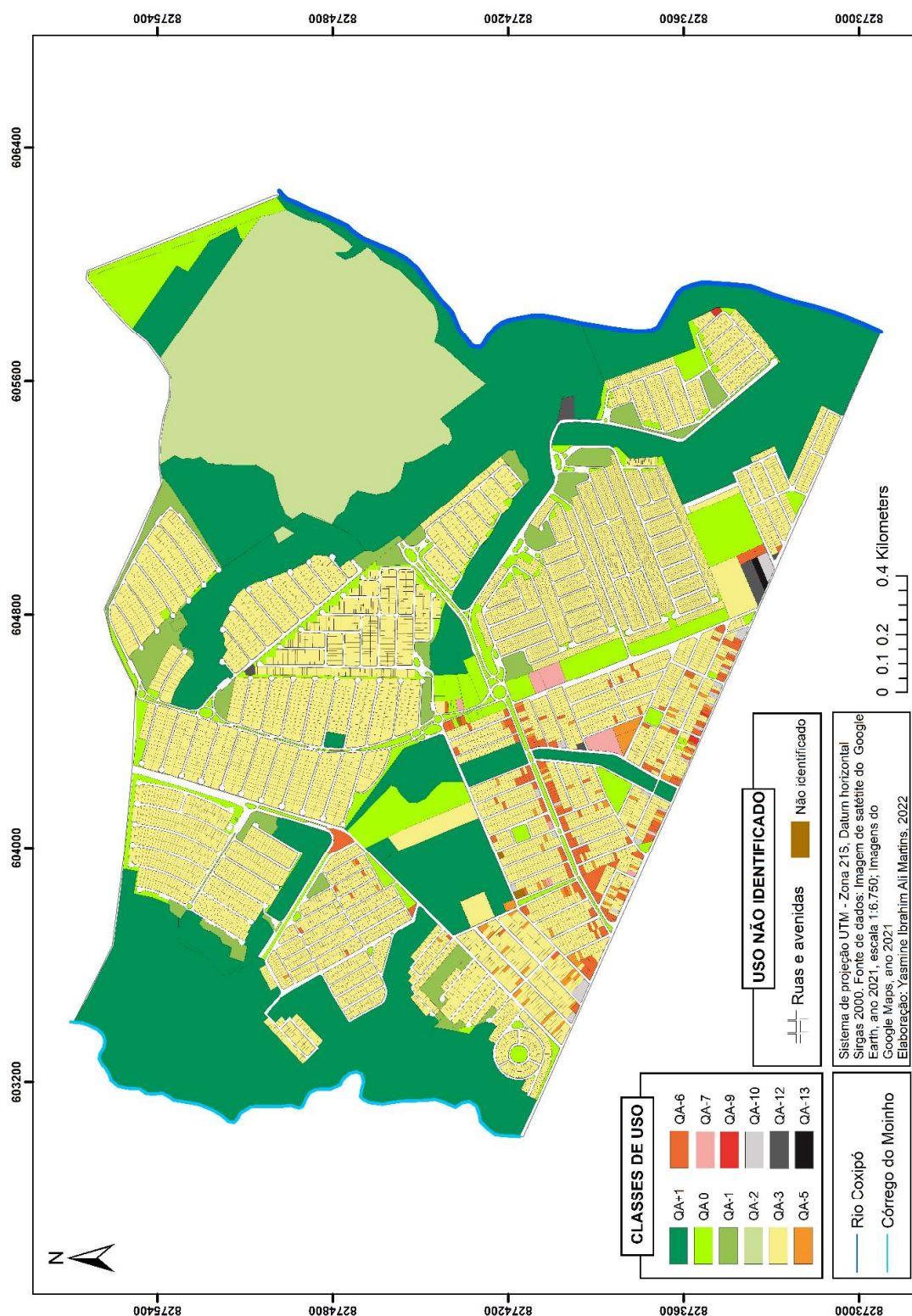


FIGURA 10 – Carta temática de uso do solo

De modo a apresentar os resultados de maneira categórica, os dados foram organizados em tabelas com a informação da área e do percentual que a classe de uso do solo representa em relação à área total (Tabela 10 e Figura 11). Cabe mencionar que tais informações foram extraídas da tabela de atributos do *software* ArcGis.

TABELA 10 - Uso do solo

Classe	Área (m ²)	%
QA+1	1.823.938,19	31,59%
QA 0	394.722,56	6,84%
QA-1	153.382,48	2,66%
QA-2	737.044,72	12,77%
QA-3	1.857.743,43	32,17%
QA-5	27.636,83	0,48%
QA-6	68.412,53	1,18%
QA-7	18.247,25	0,32%
QA-9	1.612,39	0,03%
QA-10	14.574,21	0,25%
QA-12	11.139,61	0,19%
QA-13	2.353,60	0,04%
Não identificado	1.759,11	0,03%
Ruas e avenidas	661.367,89	11,45%
TOTAL	5.773.934,78	100%

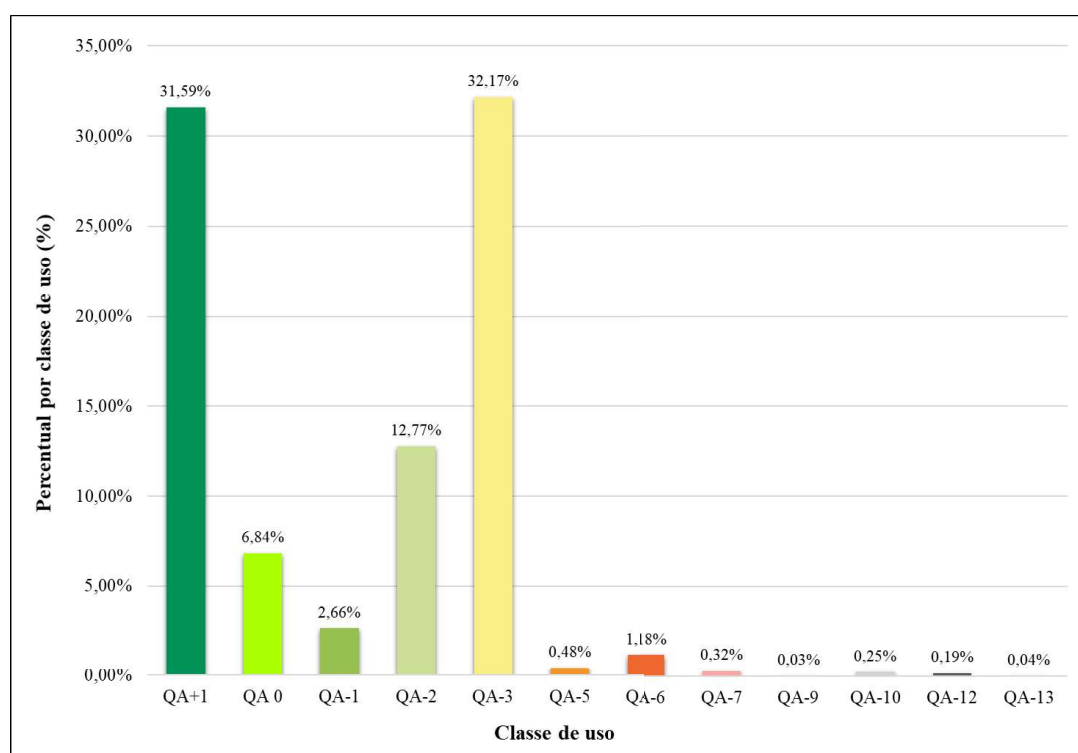


FIGURA 11 – Percentual por classe de uso

A classe QA+1 representa as áreas de preservação e conservação da natureza, correspondendo a 31,59% da área total.

Por sua vez, a classe QA 0, referente aos espaços livres de edificação, como praças, jardins, terreno baldio, representa 6,84% da região objeto deste estudo.

A classe QA-1 corresponde a 2,66% da área total, representando espaços edificadas públicos ou privados ocupados por clubes esportivos sociais, clubes de campo.

Com relação à classe QA-2, a representatividade foi de 12,77%, correspondendo aos usos de atividades econômicas relacionadas à manutenção e recuperação dos serviços ambientais por elas prestados.

Os lotes com uso residencial unifamiliar de edificações de até 4 pavimentos foram classificados na classe QA-3, abarcando 32,17% da área de estudo.

Logo, observa-se, a partir da Figura 11, que na região estudada há a predominância de usos de solo classificados como “bom” e “intermediário”.

A pesquisa também gerou como resultado a carta de cobertura da terra, baseada na classificação de cada unidade de lote de acordo com as características físicas da terra. Atualmente é possível realizar esse estudo de maneira mais acessível, uma vez que há imagens de satélites com cada vez mais qualidade, permitindo com que a coleta de dados seja cada vez mais fidedigna. Importante mencionar que a cobertura da terra é de extrema importância para a análise da qualidade ambiental do meio urbano.

Com base na legenda proposta no método de avaliação da qualidade ambiental urbana realizado por Nucci (2008) e adaptado por Valaski (2013), foram obtidas 7 (sete) classes, sendo 2 (duas) dessas classes em áreas edificadas e 5 (cinco) em espaços não edificadas (Figura 12).

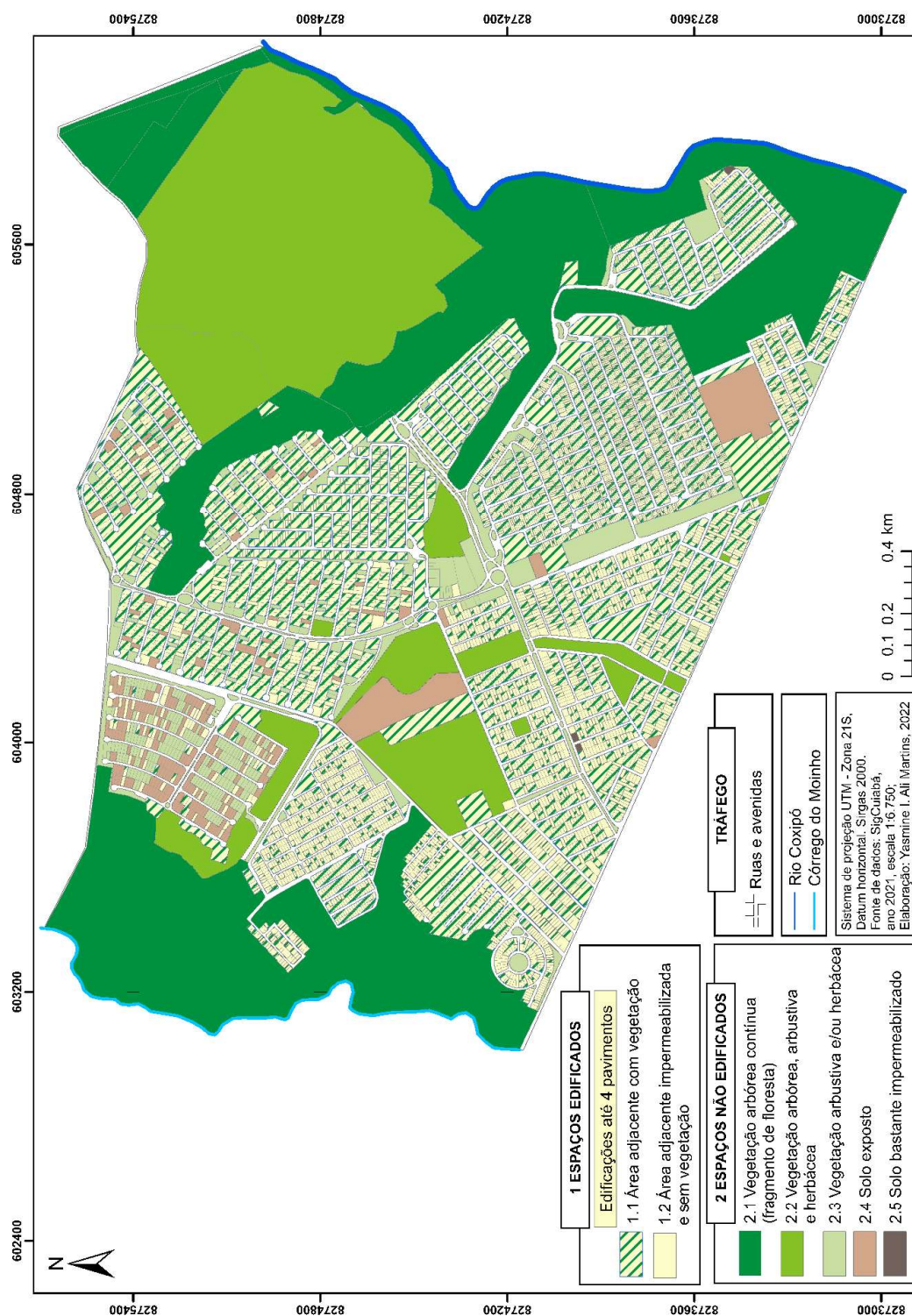


FIGURA 12 – Carta temática de cobertura da terra

A Tabela 11 e a Figura 13 apontam o valor que cada classe de cobertura da terra representa dentro da área estudada.

TABELA 11 - Cobertura do terra

Classe	Descrição	m ²	%
1.1	Edificações de até 4 pavimentos e área adjacente com vegetação	1.508.697,52	26,13%
1.2	Edificações de até 4 pavimentos e área adjacente sem vegetação	440.171,12	7,62%
2.1	Espaços não edificados com vegetação arbórea contínua (fragmento de floresta)	1.534.840,00	26,58%
2.2	Espaços não edificados com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea	1.115.540,53	19,32%
2.3	Espaços não edificados com vegetação arbustiva e/ou herbácea	334.074,65	5,79%
2.4	Espaços não edificados com solo exposto	177.536,48	3,07%
2.5	Espaços não edificados com solo bastante impermeabilizado	1.706,55	0,03%
	Ruas e avenidas	661.367,89	11,45%
TOTAL		5.773.934,78	100%

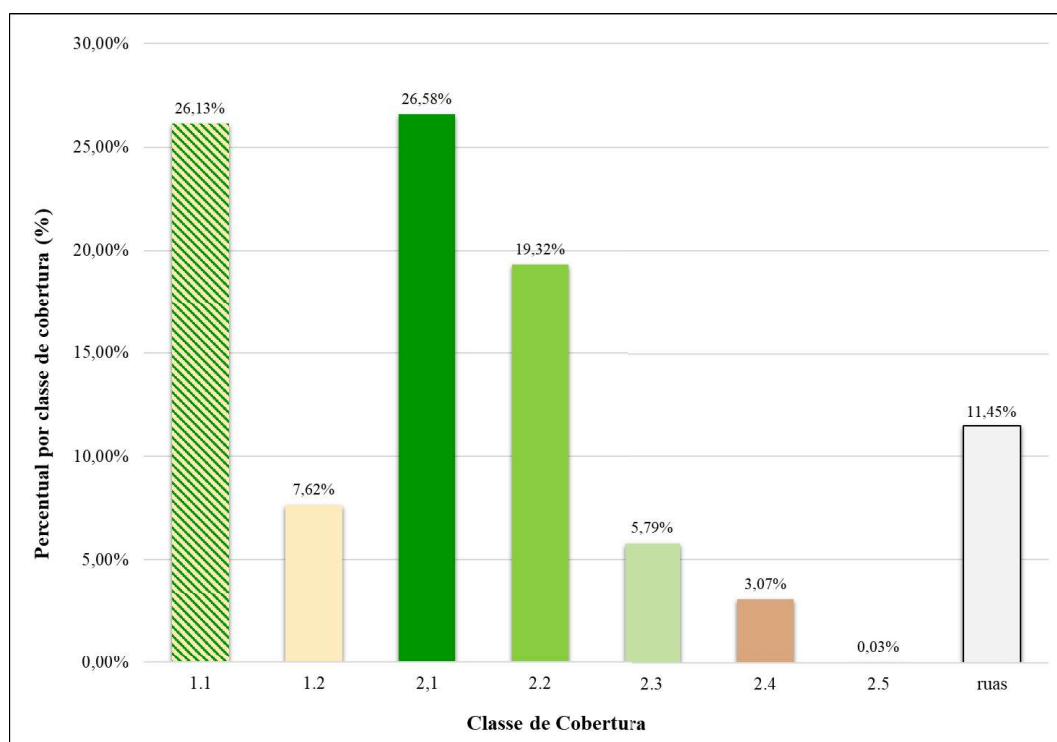


FIGURA 13 – Percentual por classe de cobertura

Com relação às áreas edificadas, representadas pelas classes 1.1 e 1.2, nota-se que as edificações de até 4 pavimentos e área adjacente com vegetação, sendo representadas pela classe 1.1, corresponderam à 26,13% da área total. Por outro lado, edificações de até 4 pavimentos e área adjacente sem vegetação equivalem a 7,62% da região de estudo.

No que se refere aos espaços não edificados, foram identificadas 5 (cinco) classes. Os espaços não edificados com vegetação arbórea contínua (fragmento de floresta), representados pela classe 2.1, totalizaram 26,58% da área total. Com relação aos espaços não edificados com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, correspondentes à classe 2.2, o percentual foi de 19,32%. Quanto aos espaços não edificados com vegetação arbustiva e/ou herbácea, o valor da área para a referida classe, representada pelo índice 2.3, correspondeu a 5,79% da região de estudo.

No tocante aos espaços não edificados com solo exposto, representados pela classe 2.4, o percentual foi de 3,07%. Por fim, apenas em 0,03% da área foram identificados espaços não edificados com solo bastante impermeabilizado.

Conforme já mencionado, o cruzamento das cartas temáticas de uso do solo e cobertura resultou na carta de qualidade ambiental da área estudada (Figura 14).

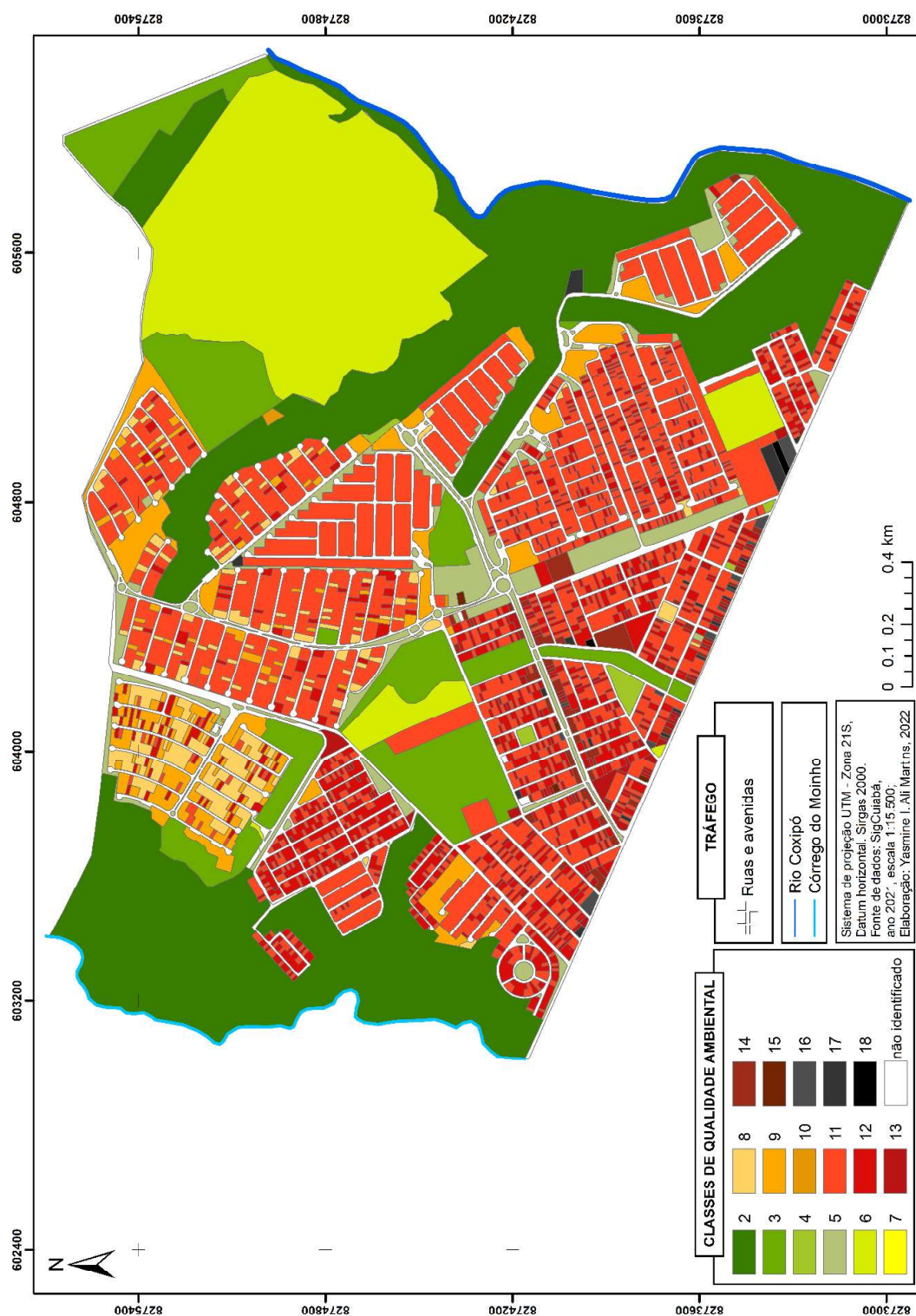


FIGURA 14 – Carta de qualidade ambiental

Na Tabela 12 é apresentada a área referente a cada classe de qualidade ambiental, bem como o percentual em relação ao valor da área total.

TABELA 12 - Quantificação dos índices de qualidade ambiental da região de estudo

Classes	Área (m ²)	% em relação à área total
2	1.455.457,60	25,21%
3	441.583,76	7,65%
4	16.482,72	0,29%
5	215.675,94	3,74%
6	819.632,53	14,20%
7	528,02	0,01%
8	127.560,95	2,21%
9	239.021,36	4,14%
10	2.678,17	0,05%
11	1.264.172,04	21,89%
12	408.881,73	7,08%
13	41.289,86	0,72%
14	46.386,86	0,80%
15	2.428,03	0,04%
16	10.091,00	0,17%
17	15.973,64	0,28%
18	2.963,48	0,05%
Não identificado	1.759,10	0,03%
Sistema viário	661.367,89	11,45%
TOTAL	5.773.934,78	100%

Foram obtidas 17 classes de qualidade ambiental. Observa-se que os índices de qualidade variam de 2 a 18 e que as combinações dos pesos com os resultados 1 e 19 não foram obtidos.

5.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.2.1. Agrupamento das Classes de Uso do Solo e Cobertura da Terra

Com base nos resultados obtidos pelo estudo, foi possível agrupar as classes de uso e de cobertura da terra, a fim de determinar o percentual de uso de solo por classe de cobertura. Para cada agrupamento foram elaborados tabelas e gráficos. A partir dos gráficos apresentados, foi possível fazer análise de agrupamento entre a cobertura da terra e o uso do solo.

Na Tabela 13 e na Figura 15 foram apresentadas as classes de usos de solo presentes nos lotes com classe de cobertura 1.1, correspondente aos espaços edificados de até 4 pavimentos com área adjacente com vegetação. Observa-se que para a classe de cobertura 1.1 há a predominância da classe de uso QA-3, referente ao uso residencial unifamiliar, correspondendo a 83,61% da área total da referida classe de cobertura. Em segundo lugar, com 9,91% da área, está a classe de uso do solo QA-1, referente aos espaços edificados destinados à preservação da natureza e recreação, como clubes esportivos.

TABELA 13 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 1.1

Classe de cobertura	Descrição	m ²	%	Classes de uso	Porcentual por classe de cobertura (%)
1.1	Edificações de até 4 pavimentos e área adjacente com vegetação	1.508.697,53	26,16%	QA+1	0.03%
				QA 0	0.65%
				QA-1	9.91%
				QA-2	0.14%
				QA-3	83.61%
				QA-5	1.18%
				QA-6	2.08%
				QA-7	0.85%
				QA-10	0.60%
				QA-12	0.70%
				QA-13	0.16%
				N-D	0.09%
					100%

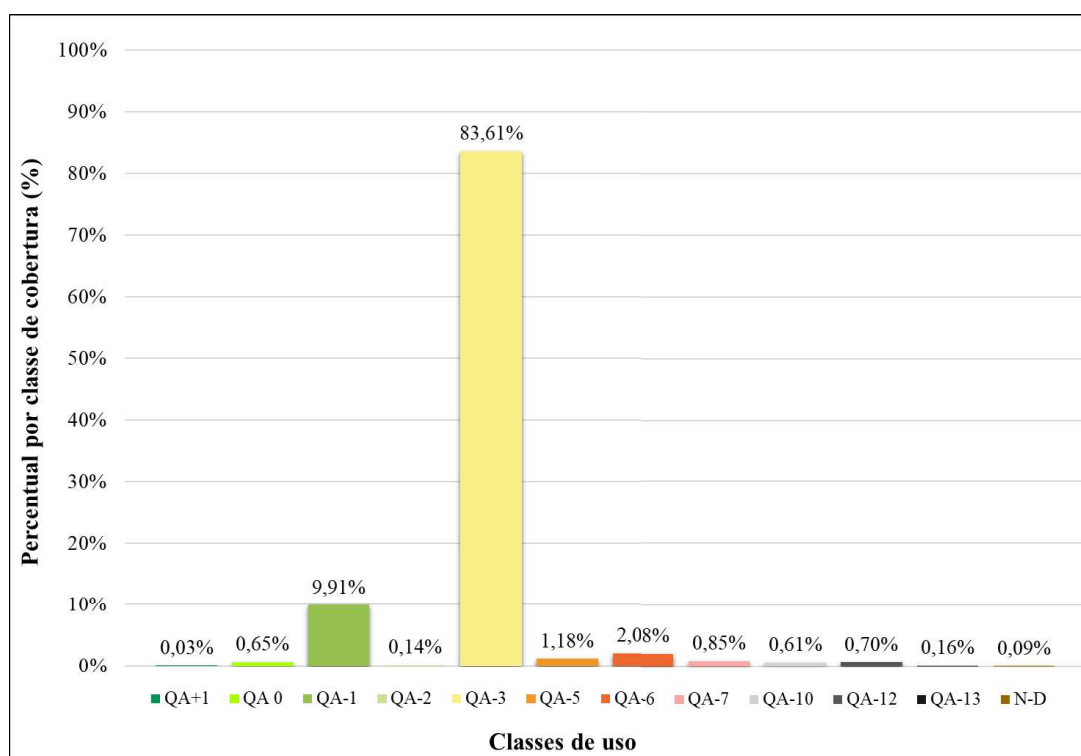


FIGURA 15 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 1.1

Ao analisar a Tabela 14 e a Figura 16, nota-se que a classe de uso do solo predominante nos lotes com classe de cobertura 1.2 (espaços edificadas de até 4 pavimentos com área adjacente sem vegetação) é também a classe QA-3 (uso residencial unifamiliar), correspondendo a 87,96% da área total da cobertura analisada. Por sua vez, em segundo lugar, com 7,47%, estão os lotes com uso QA-6, referente aos serviços e comércio de pequeno porte, até 1.500m² de área construída, como comércio diversificado de âmbito local, distribuidora de alimentos, de bebidas, entre outros.

TABELA 14 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 1.2

Classes de cobertura	Descrição	m ²	%	Classes de uso	Percentual por classe de cobertura (%)
1.2	Edificações de até 4 pavimentos e área adjacente sem vegetação	440.171,13	7,62%	QA+1	0.06%
				QA 0	0.00%
				QA-1	0.02%
				QA-3	87.96%
				QA-5	2.25%
				QA-6	7.47%
				QA-7	0.55%
				QA-9	0.22%
				QA-10	1.24%
				QA-12	0.14%
				N-D	0.10%
					100%

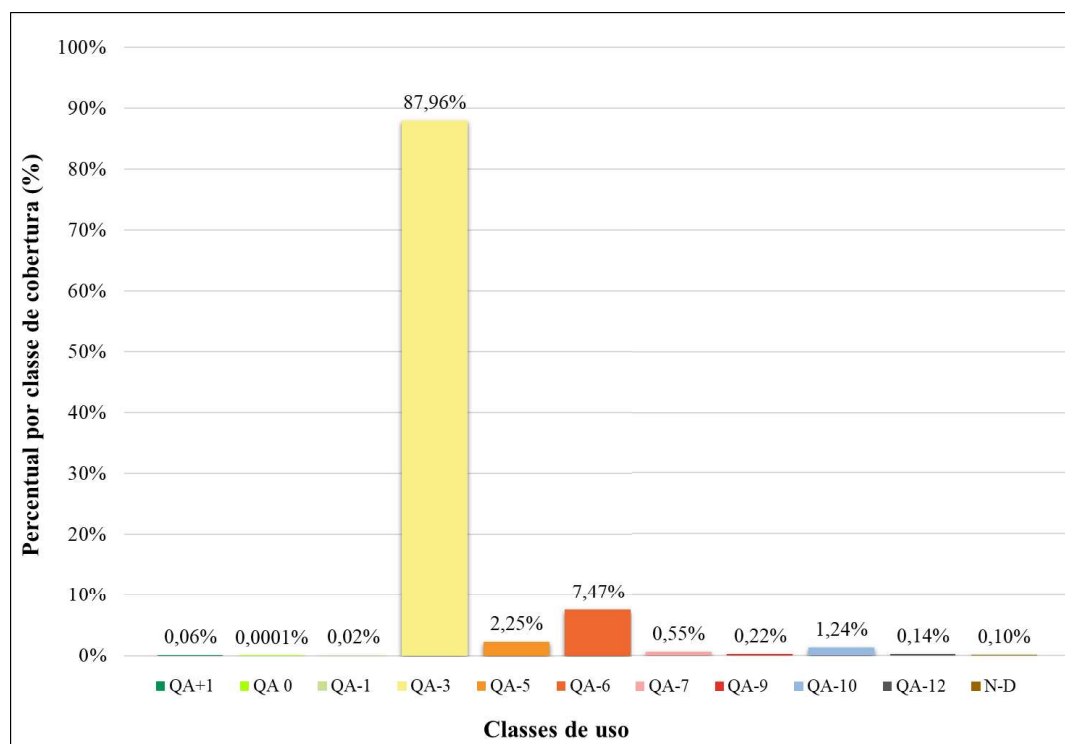


FIGURA 16 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 1.2

A Tabela 15 e a Figura 17 apresentam os tipos de usos do solo presentes na classe de cobertura 2.1, referentes aos espaços não edificadas com vegetação arbórea contínua, com a presença de fragmento de floresta. A classe de uso QA+1, que representa o uso de áreas para conservação e recreação em contato com a natureza, aparece em 94,83% dos lotes com classe de cobertura 2.1. Em segundo lugar, a classe de uso QA 0 está presente em 4,82% da área total da referida classe de cobertura. Os outros usos presentes são praticamente insignificantes, uma vez que correspondem a menos de 1% da área.

TABELA 15 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.1

Classe de cobertura	Descrição	m²	%	Classes de uso	Porcentual por classe de cobertura (%)
2.1	Espaços não edificadas com vegetação arbórea contínua (fragmento de floresta)	1.534.840,01	26,69%	QA+1	94,83%
				QA 0	4,82%
				QA-1	0,19%
				QA-2	0,03%
				QA-3	0,13%
					100%

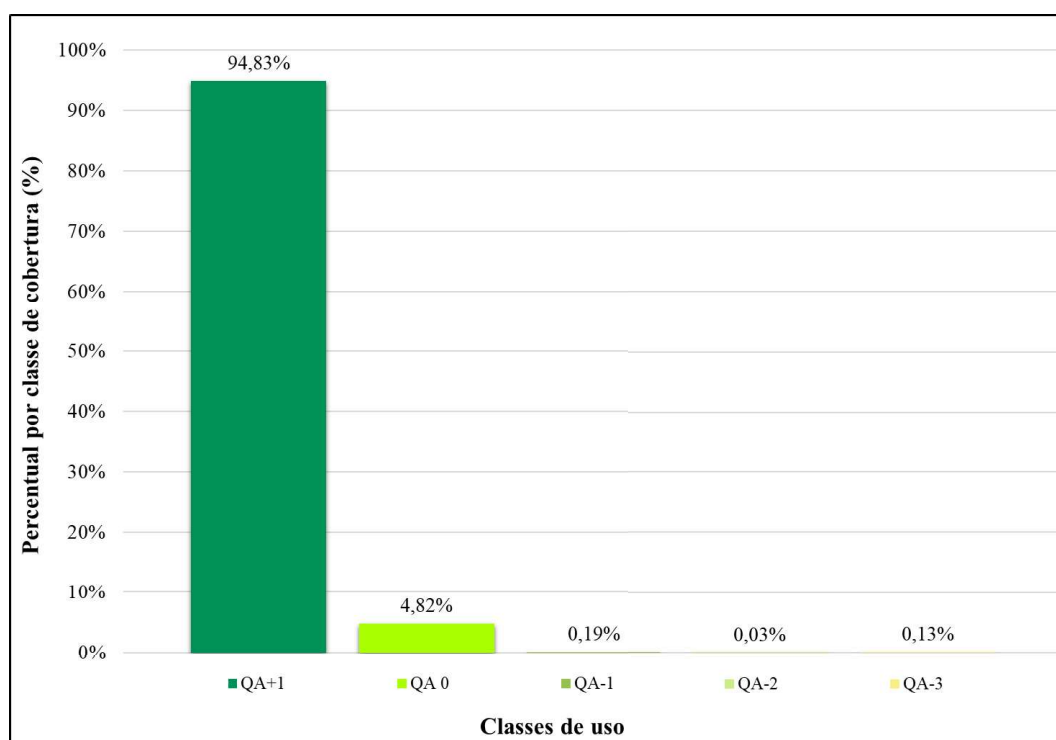


FIGURA 17 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.1

Por outro lado, como observado na Tabela 16 e na Figura 18, para a classe de cobertura 2.2, referente aos espaços não edificadas com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, há predominância da classe de uso QA-2, que representa o uso do solo para atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais por elas prestados, aparecendo em 65,84% dos lotes. Em segundo lugar, nota-se a presença do uso QA+1 em 32,95% dos lotes.

TABELA 16 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.2

Classe de cobertura	Descrição	m ²	%	Classes de uso	Porcentual por classe de cobertura (%)
2.2	Espaços não edificadas com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea	1.115.540,54	19,25%	QA+1	32,95%
				QA 0	1,20%
				QA-2	65,84%
				QA-3	0,01%
					100%

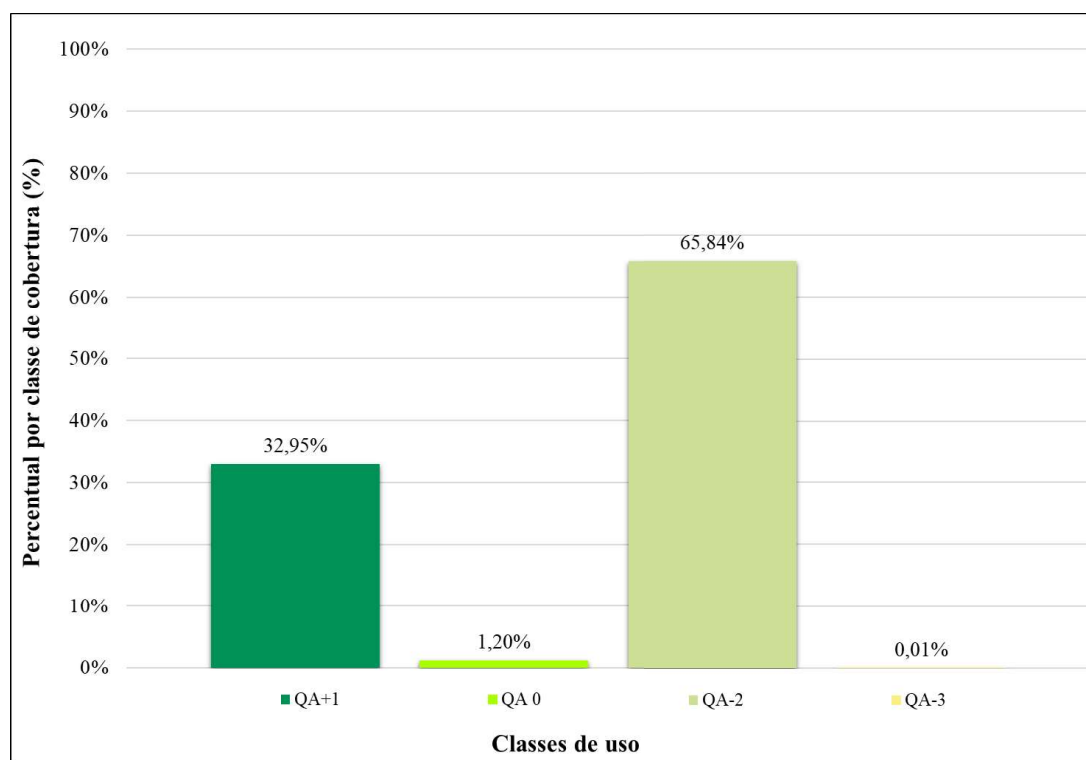


FIGURA 18 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.2

Adicionalmente, verifica-se, conforme mostrado na Tabela 17 e na Figura 19, que há majoritariamente a presença da classe de uso QA 0, com 64,43% da área com lotes com cobertura 2.3, correspondente aos espaços não edificadas com vegetação arbustiva e/ou herbácea. Em segundo lugar, a classe de uso QA-3 apresenta em 35,18% dos lotes com classe de cobertura 2.3.

TABELA 17 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.3

Classe de cobertura	Descrição	m²	%	Classes de uso	Porcentual por classe de cobertura (%)
2.3	Espaços não edificadas com vegetação arbustiva e/ou herbácea	334.074,65	5,76%	QA+1	0,04%
				QA 0	64,43%
				QA-1	0,24%
				QA-3	35,18%
				QA-6	0,12%
					100%

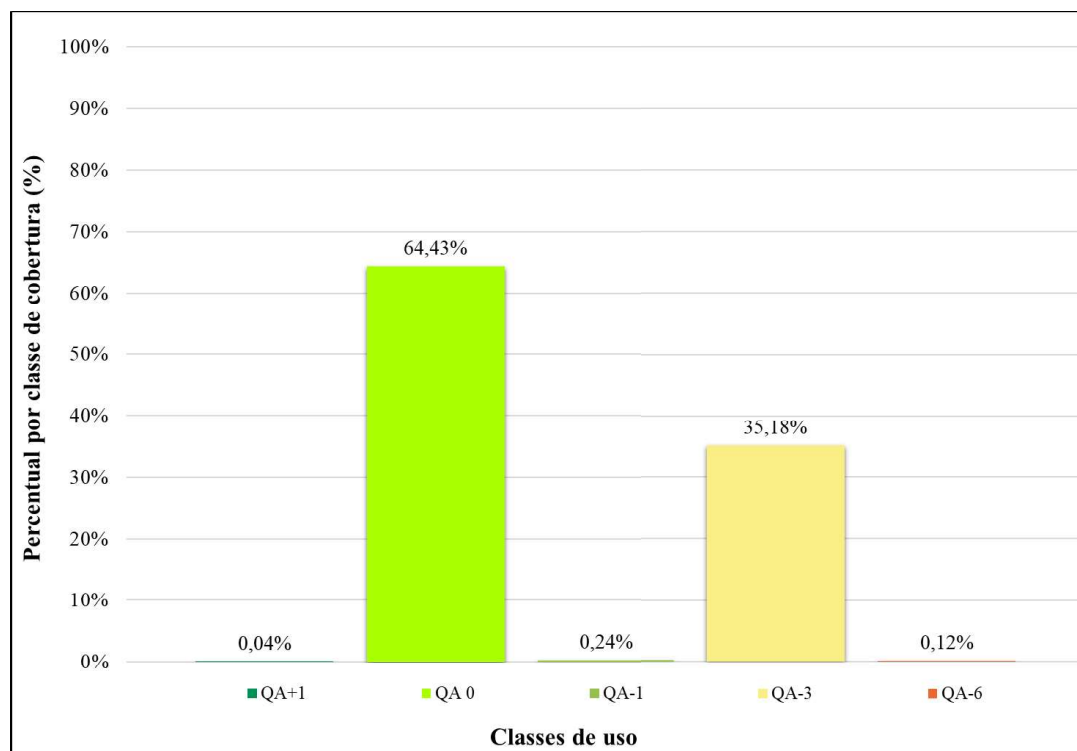


FIGURA 19 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.3

A Tabela 18 e a Figura 20 apresentam as classes de uso presentes nos lotes com classe de cobertura 2.4, ou seja, lotes com a cobertura em solo exposto. Os usos do solo predominantes foram o residencial unifamiliar, sendo representado pela classe QA-3, com 50,42% da área, e o usos destinados aos espaços livres de edificação, como praças, jardins, terreno baldio, representados pela classe QA 0, com 46,36% dos lotes com esse uso.

TABELA 18 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.4

Classe de cobertura	Descrição	m²	%	Classes de uso	Porcentual por classe de cobertura (%)
2.4	Espaços não edificadas com solo exposto	177.536,49	3,08%	QA+1	0,01%
				QA 0	46,36%
				QA-1	0,0003%
				QA-3	50,42%
				QA-6	1,53%
				QA-7	1,67%
					100%

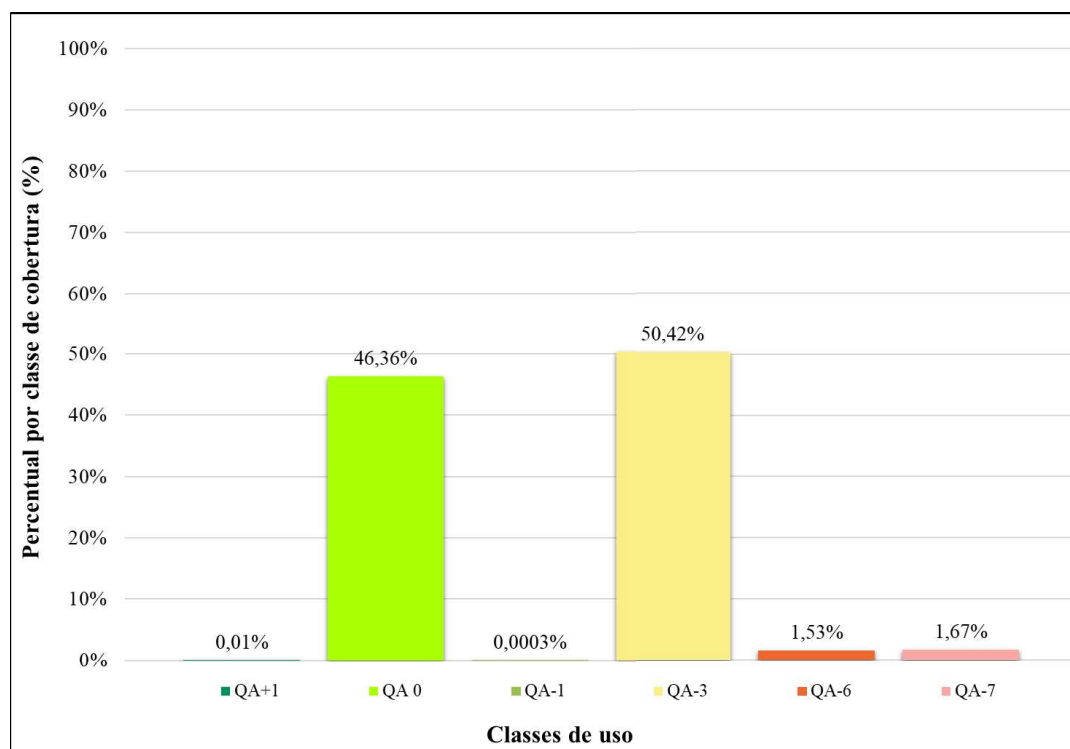


FIGURA 20 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.4

Por fim, nota-se que na Tabela 19 e na Figura 20, para a classe de cobertura 2.5 (solo bastante impermeabilizado), a classe de uso do solo predominante é a QA-6, referente aos serviços e comércio de pequeno porte, até 1.500m² de área construída, como comércio diversificado de âmbito local. Tal classe de uso corresponde a 58,09% da área da classe de cobertura da terra. Em segundo lugar, verificou-se, em 38,19% da área de cobertura 2.5, a presença da classe de uso do solo QA-9, referente aos lotes com serviço e comércio de grande porte, acima de 5.000m².

TABELA 19 - Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.5

Classe de cobertura	Descrição	m²	%	Classes de uso	Porcentual por classe de cobertura (%)
2.5	Espaços não edificadas com solo bastante impermeabilizado	1.706,56	0,03%	QA+1	2,55%
				QA 0	0,17%
				QA-3	1,00%
				QA-6	58,09%
				QA-9	38,19%
					100%

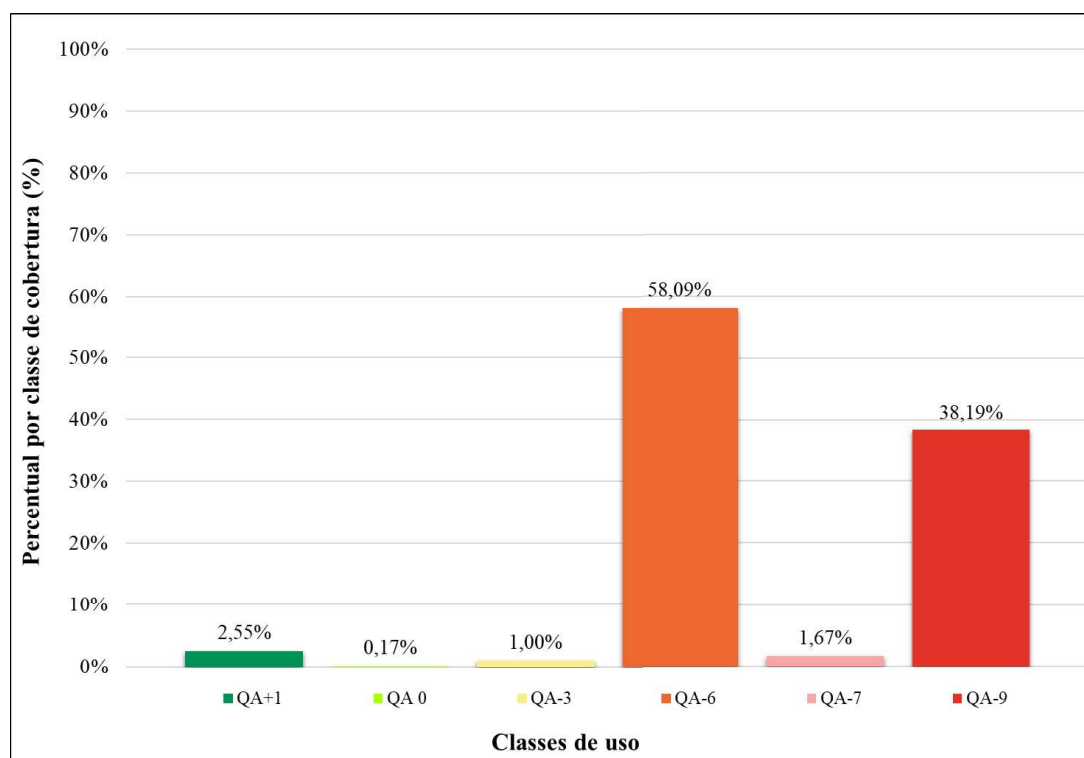


FIGURA 21 – Agrupamento das classes de uso com a classe de cobertura 2.5

5.2.2. Análise qualitativa

Considerando a grande extensão da área de estudo, bem como para realizar uma análise qualitativa detalhada da região de estudo, o mapa de qualidade ambiental foi dividido em quadrantes (Figura 22).

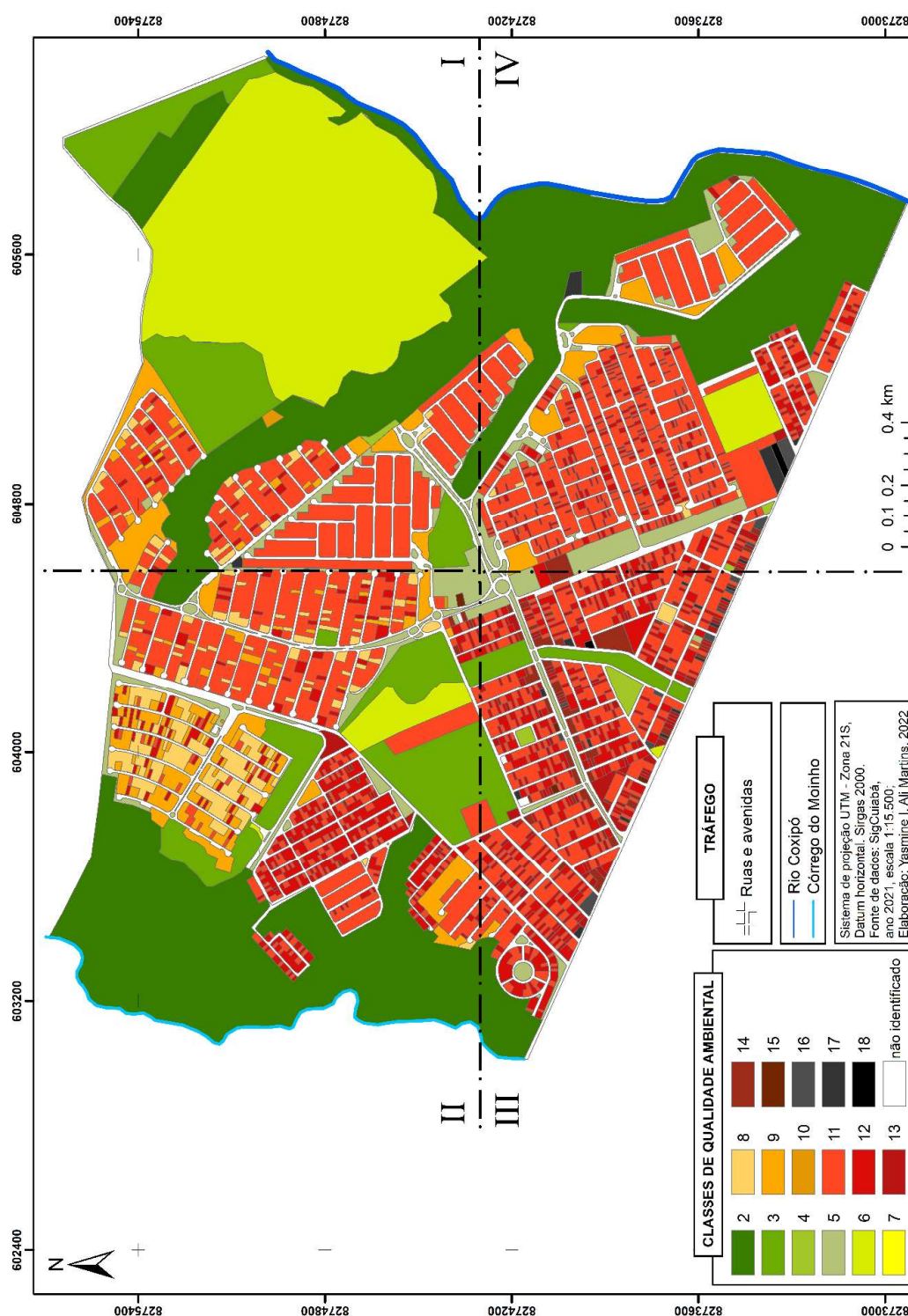


FIGURA 22 – Carta de qualidade ambiental dividida em quadrantes

O primeiro quadrante (Figura 23) corresponde à porção superior direita do mapa da área de estudo. Nota-se que ao leste desta porção, há presença de um importante curso d'água, o Rio Coxipó. As classes de qualidade ambiental 2, 3 e 6 são predominantes, ou seja, há ótimos valores relativos à qualidade do ambiente, com forte presença de vegetação arbórea. Segundo Valaski (2013), as áreas com vegetação contribuem para melhora da qualidade ambiental, uma vez que proporcionam melhor infiltração das águas pluviais, e como consequência reduzem o escoamento superficial.

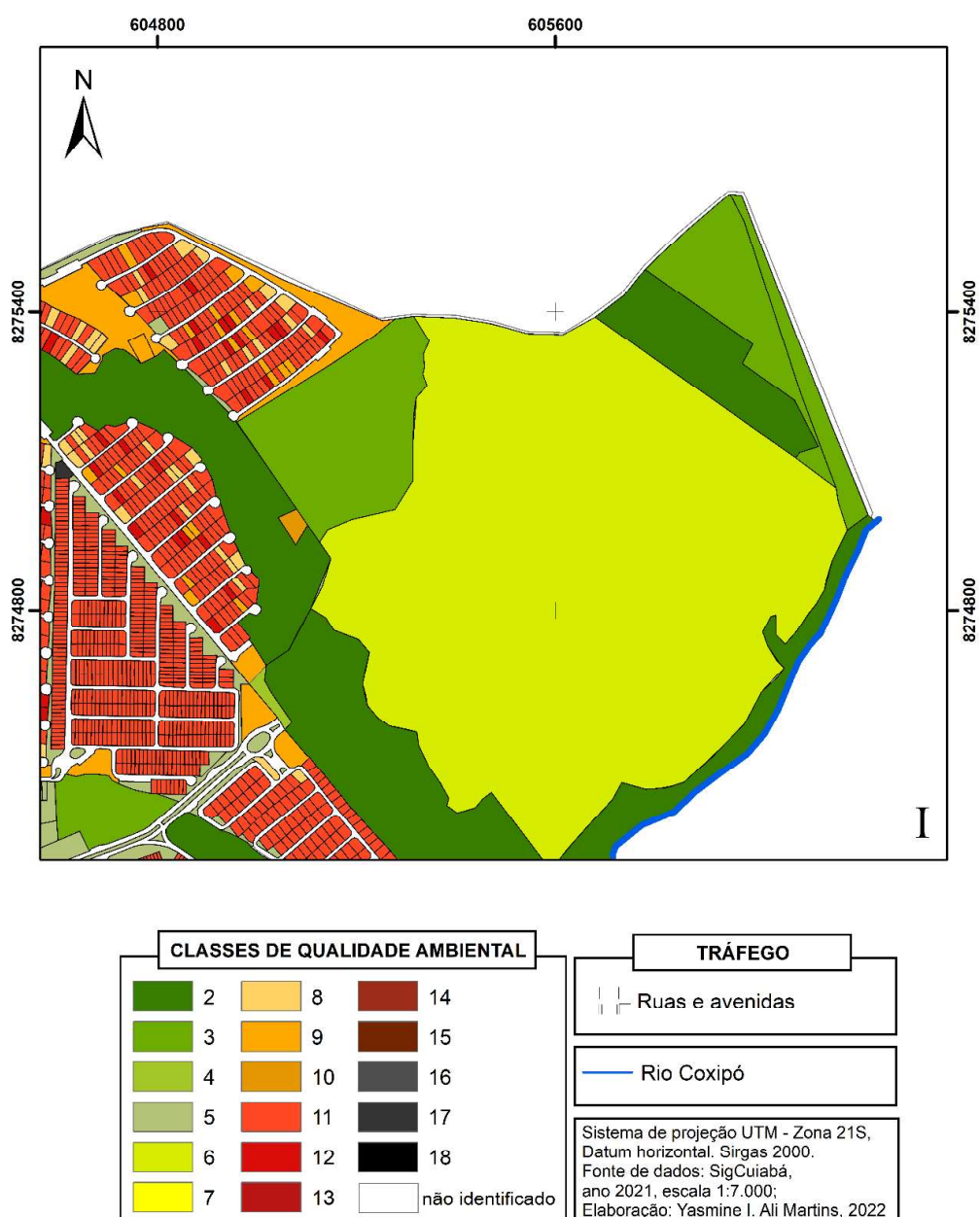


FIGURA 23 – Primeiro quadrante

A classe de qualidade 2 é resultado da combinação QA+1, quanto ao uso do solo, e 2.1, quanto à cobertura da terra. O uso classificado como QA+1 refere-se ao uso de áreas para conservação e recreação em contato com a natureza. Com relação à cobertura da terra, a classe 2.1 corresponde aos espaços não edificados com vegetação arbórea contínua, contendo fragmento de floresta.

Por sua vez, a classe 3 representa áreas com classe de cobertura 2.2 (espaços não edificados com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea) e com classe de uso do solo QA +1 (áreas para conservação e recreação em contato com a natureza), como também pode representar o resultado da combinação da classe de cobertura 2.1 (espaços não edificados com vegetação arbórea contínua) com classe de uso do solo QA 0 (recreação).

A classe de qualidade 6, representada por uma grande porção no tom verde claro, é resultado da combinação da classe de uso do solo QA-2 (atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais por elas prestados, em especial os relacionados às cadeias produtivas da agricultura e do turismo, de densidades demográfica e construtiva baixas) com a classe de cobertura da terra 2.2 (espaços não edificados com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea), correspondendo a 14,20% da área total (Tabela 12).

Além disso, observa-se também a presença da classe de qualidade 11 no quadrante analisado. Dentro da análise geral, tal classe é considerada intermediária no que se refere à qualidade ambiental, uma vez que representa como uso do solo a classe QA-3 (residencial unifamiliar de edificações até 4 pavimentos) e de cobertura da terra 1.1 (edificação de até 4 pavimentos com área adjacente com vegetação).

Com base nas classes observadas, percebe-se que a região do quadrante analisado tem a predominância das classes de qualidade 2, 3, 6 e 11. Considerando a extensão da área representada pelos índices 2, 3 e 6, pode-se concluir que esse quadrante possui, no geral, uma boa classe de qualidade ambiental. Isso se deve ao fato da presença de grandes áreas com vegetação e usos relacionados à preservação.

O segundo quadrante (Figura 24) corresponde à porção superior esquerda do mapa da área de estudo. Nessa porção observa-se o predomínio da classe de qualidade

ambiental 2, sendo o melhor valor de qualidade. Isso pode ser devido à grande presença de vegetação, principalmente ao longo do curso d'água, Córrego do Moinho.

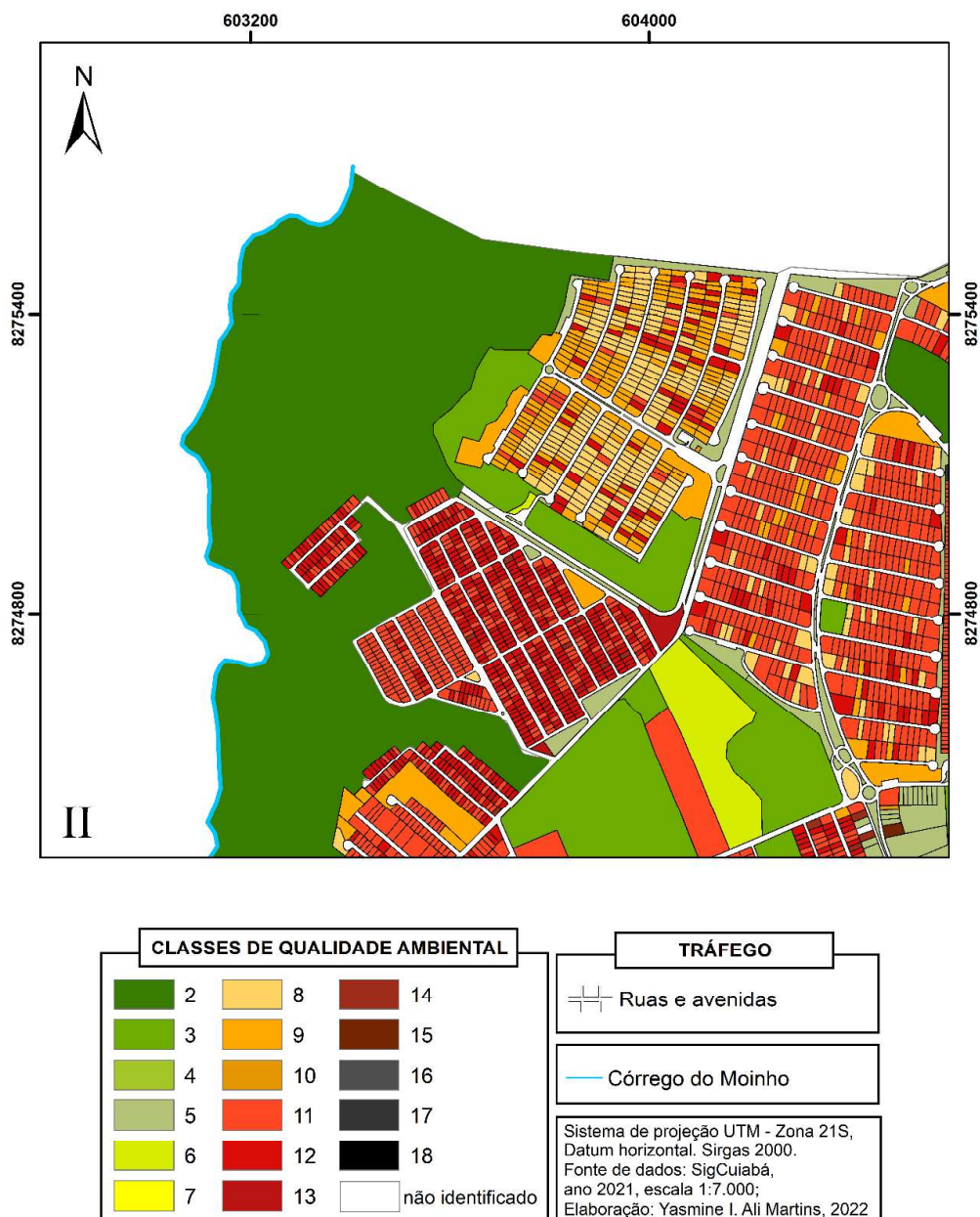


FIGURA 24 – Segundo quadrante

Como já mencionado, a classe de qualidade ambiental 2 corresponde à intersecção das classes QA +1 (como parques urbanos destinados à conservação do patrimônio ambiental e ao lazer) e 2.1 (espaços não edificadas com vegetação arbórea contínua).

Além disso, observa-se que há bastantes lotes classificados com índice 11 de qualidade ambiental. Tal valor representa a intersecção da classe QA-3, referente ao uso residencial dos lotes com edificações até 4 pavimentos, com a classe de cobertura 1.1 (edificação de até 4 pavimentos com área adjacente com vegetação). Cabe mencionar que a quantidade massiva de lotes com uso residencial nesta porção é justificada pela presença de dois grandes condomínios, Condomínio Belvedere I e Condomínio Belvedere II.

Importante destacar que o índice de qualidade ambiental do Condomínio Belvedere I e Condomínio Belvedere II se diferenciam pelo critério da cobertura da terra. O Condomínio Belvedere I possui a maioria dos seus lotes com qualidade 11, representado pela cor laranja. Por sua vez, no Condomínio Belvedere II predomina a classe de qualidade 8, observada nos lotes em tom amarelo claro. Isso ocorre porque os lotes do Condomínio Belvedere II encontram-se, em sua maioria, ainda não edificados, recebendo a classificação de solo exposto, 2.4. Logo, a intersecção de uso residencial com solo exposto resulta na qualidade 8.

Observa-se que a mudança da cobertura da terra influenciou diretamente na piora do índice de qualidade. Quanto mais espaço edificado e impermeabilizado, menor será a qualidade ambiental. Isso porque tornar o solo impermeável ocasiona diversos problemas, entre eles, o aumento do escoamento superficial e inundações, resultado da não infiltração das águas das chuvas. Adicionalmente, a alteração da cobertura da terra com espaços mais edificados e impermeabilizados também pode acarretar problemas relativos à ilha de calor, redução da umidade relativa do ar, bem como diminuição do índice de desenvolvimento humano (IDH).

Além disso, a partir da Figura 24 é possível observar que no Residencial Maria de Lourdes e o Recanto Salvador predominam a classificação de qualidade ambiental 12. Tal valor é resultado do cruzamento da classe de uso do solo QA-3 (uso residencial dos lotes com edificações até 4 pavimentos) com a classe de cobertura 1.2 (área adjacente impermeabilizada e sem vegetação).

Com relação à porção inferior direita do mapa, representada pelo quadrante III (Figura 25), nota-se a predominância de classes de qualidade 11 e 12. A classe de qualidade 11 representa a intersecção da classe de uso QA-3 (uso residencial dos lotes

com edificações até 4 pavimentos) e a classe de cobertura 1.1 (área adjacente impermeabilizada e com vegetação). Por sua vez, a classe de qualidade 12 corresponde ao cruzamento da classe de uso QA-3 (uso residencial dos lotes com edificações até 4 pavimentos) com a classe de cobertura 1.2 (área adjacente impermeabilizada e sem vegetação). Observa-se que os lotes com classe de qualidade 12 são piores que os de qualidade 11, isso porque aqueles possuem toda a área do lote impermeabilizada, sem a presença de vegetação.

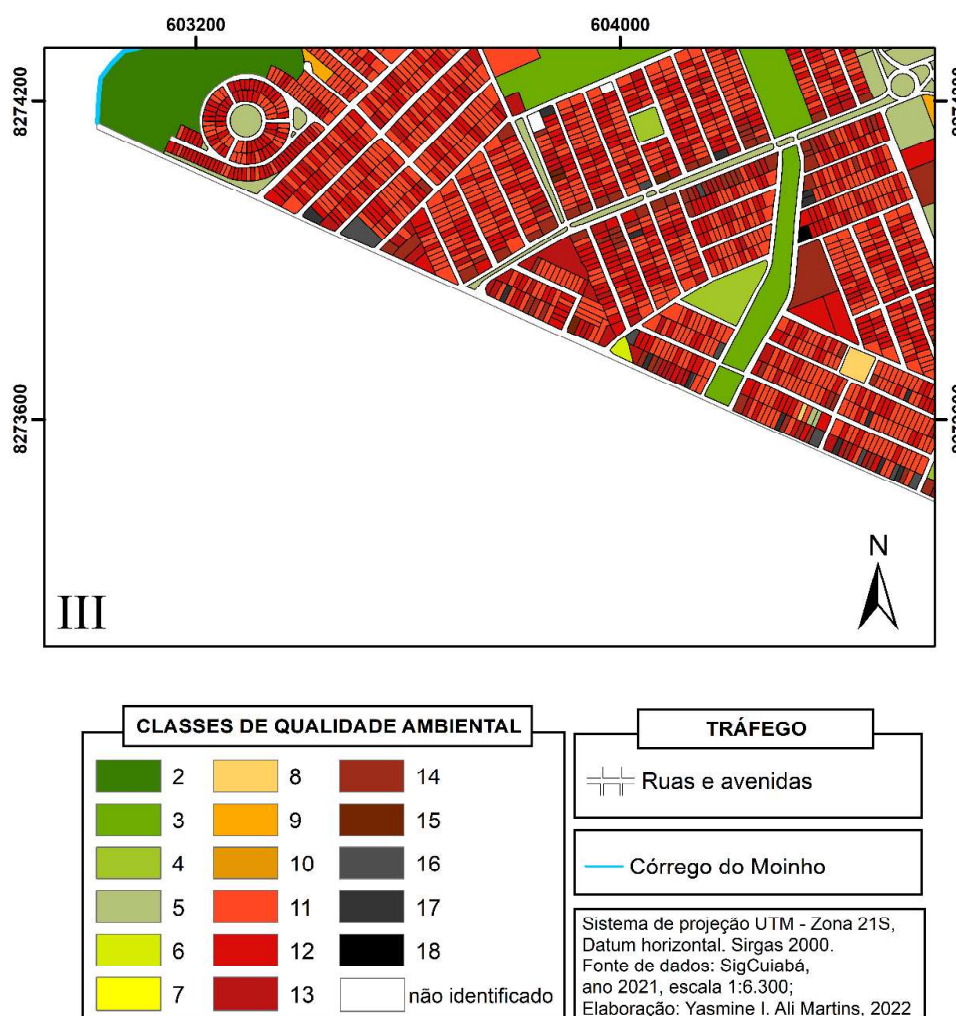


FIGURA 25 – Terceiro quadrante

Cabe mencionar que a cobertura vegetal influencia significativamente para a melhora da qualidade ambiental urbana. A presença de vegetação interfere no clima, bem como no processo de infiltração das águas das chuvas. Além disso, a cobertura vegetal contribui para a redução das temperaturas elevadas, favorecendo para um efeito positivo no balanço do microclima urbano (AMORIM, 2001, p. 42). Ademais,

as áreas permeáveis presentes nos lotes podem reduzir as enchentes, devido à capacidade de absorver as águas pluviais.

Outro ponto a destacar é que os lotes classificados com qualidade 14, 15, 16, 17 encontram-se, em sua maioria, margeando a Av. das Torres (Figura 25). Isso ocorre porque tais lotes, presentes no perímetro da avenida, possuem usos comerciais e industriais. A classe de qualidade 14, por exemplo, corresponde à combinação da classe de uso QA-6, índice referente aos serviços e comércio de pequeno porte, até 1.500m² de área construída, e cobertura da terra 1.2, área adjacente impermeabilizada e sem vegetação.

Ainda analisando os lotes às margens da Av. das Torres, foi identificado um lote onde funciona uma academia de ginástica e, por isso, foi classificado na classe de uso QA-7, ou seja, recebem essa classificação os lotes que contemplam serviços e comércio de médio porte, até 7.500 m², entre eles academia de ginástica. Com relação à cobertura da terra, o referido lote recebeu a classificação de 1.2, ou seja, área impermeabilizada e sem a presença de vegetação. Dessa forma, após o cruzamento das classes, o lote obteve índice de qualidade ambiental 15, sendo representado pelo tom mais escuro na escala do marrom.

No quadrante analisado, as áreas que possuem melhores valores de qualidade ambiental podem ser encontradas na porção esquerda, às margens do Córrego do Moinho, com qualidade 2 e outros pontos com qualidade 3 e 4. A classe de qualidade 2 é o resultado do uso do solo QA+1 (unidades de conservação da natureza) com a classe de cobertura da terra 2.1, ou seja, com vegetação arbórea contínua, com a presença de fragmento de floresta. A classe de qualidade 3 foi observada em lotes que receberam a mesma classificação de uso do solo de lotes classificados com a qualidade 2, porém, no que se refere à cobertura da terra do lote, a classe de qualidade 3 se caracterizou pela presença de vegetação arbórea, arbustiva e herbácea, classificada como 2.2. Nota-se que lotes com o mesmo uso, ambos não edificadas, obtiveram resultados de qualidade distintos devido à análise da cobertura da terra.

Sem dúvida, a presença da vegetação arbórea em meio urbano traz inúmeros benefícios ao microclima da cidade. Nota-se que os lotes que resultaram em

classificações com piores qualidades são aqueles com ausência de vegetação e com usos considerados agressivos ao meio ambiente, como os que geram poluição.

O quadrante IV (Figura 26) possui uma extensa área classificada com qualidade ambiental 2. Isso é o reflexo da presença massiva de vegetação arbustiva em torno do perímetro do Rio Coxipó, são as chamadas Áreas de Preservação Permanente (APP). Essas áreas são de extrema importância para a conservação ambiental, uma vez que têm a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, proteger o solo, bem como conservar a estabilidade geológica e a biodiversidade.

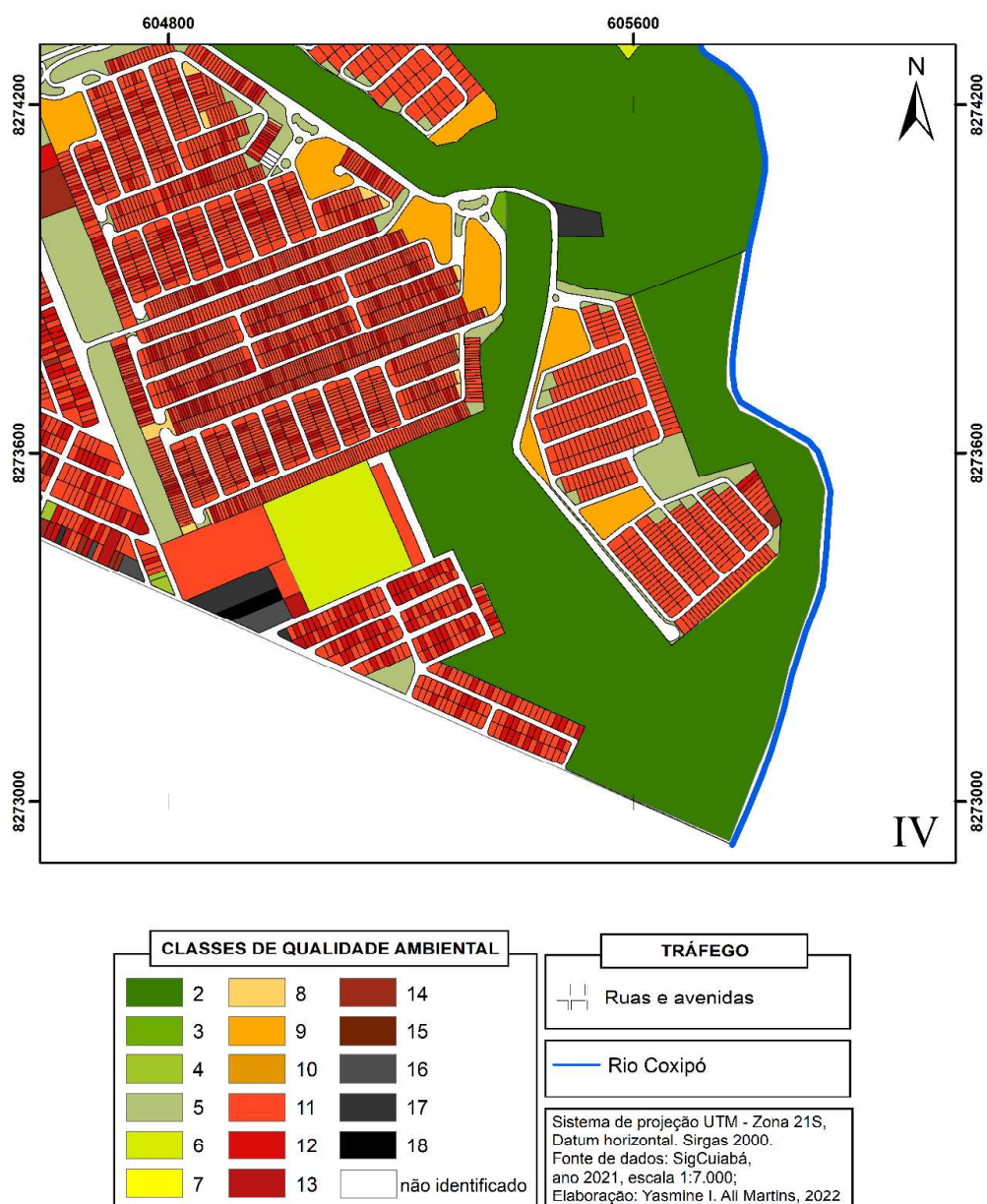


FIGURA 26 – Quarto quadrante

O Código Florestal (Lei 12.651/2012) delimita como Área de Preservação Permanente as larguras mínimas das faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular. Para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura, como o caso do Rio Coxipó, a área de preservação permanente deve ser de no mínimo 50 (cinquenta) metros. Na região analisada, nota-se que o espaço edificado que mais se aproxima do curso d'água do rio está a cerca de 60,54 metros de distância, logo, de acordo com a legislação.

No quadrante analisado também merece destaque a presença de condomínios, entre eles os condomínios: Rio Claro, Rio Manso, Rio Jangada e Rio Cachoeirinha. Todos estes condomínios residenciais possuem a configuração de casas geminadas. Nota-se que as classes de qualidade predominantes nessa área são as classes 11 e 12.

A classe de qualidade 11 representa a intersecção da classe de uso QA-3 (uso residencial dos lotes com edificações até 4 pavimentos) e a classe de cobertura 1.1 (área adjacente impermeabilizada e com vegetação). Por sua vez, a classe de qualidade 12 corresponde ao cruzamento da classe de uso QA-3 (uso residencial dos lotes com edificações até 4 pavimentos) com a classe de cobertura 1.2 (área adjacente impermeabilizada e sem vegetação). Observa-se que, nessas áreas dos condomínios mencionados, todos os lotes de esquina, por possuírem vegetação, receberam a classificação 11.

Ainda na análise do referido quadrante, nota-se que há um único lote com a qualidade 18, sendo considerada a pior qualidade no estudo analisado. O lote com essa qualificação possui classe de uso do solo QA-13, referente às atividades industriais de nível 4, entre elas fabricação de certos produtos alimentícios, como óleos e gorduras, bem como fabricação de cimento, cal, telhas, tijolos, entre outros.

Por fim, o gráfico da Figura 27 apresenta o percentual da área de cada classe de qualidade ambiental resultado do cruzamento da carta temática de uso do solo e da carta temática de cobertura da terra. Observa-se que entre todas as classes de qualidade, as duas que se destacam é a classe 2 e a classe 11, correspondendo a 25,21% e 21,89%, respectivamente.

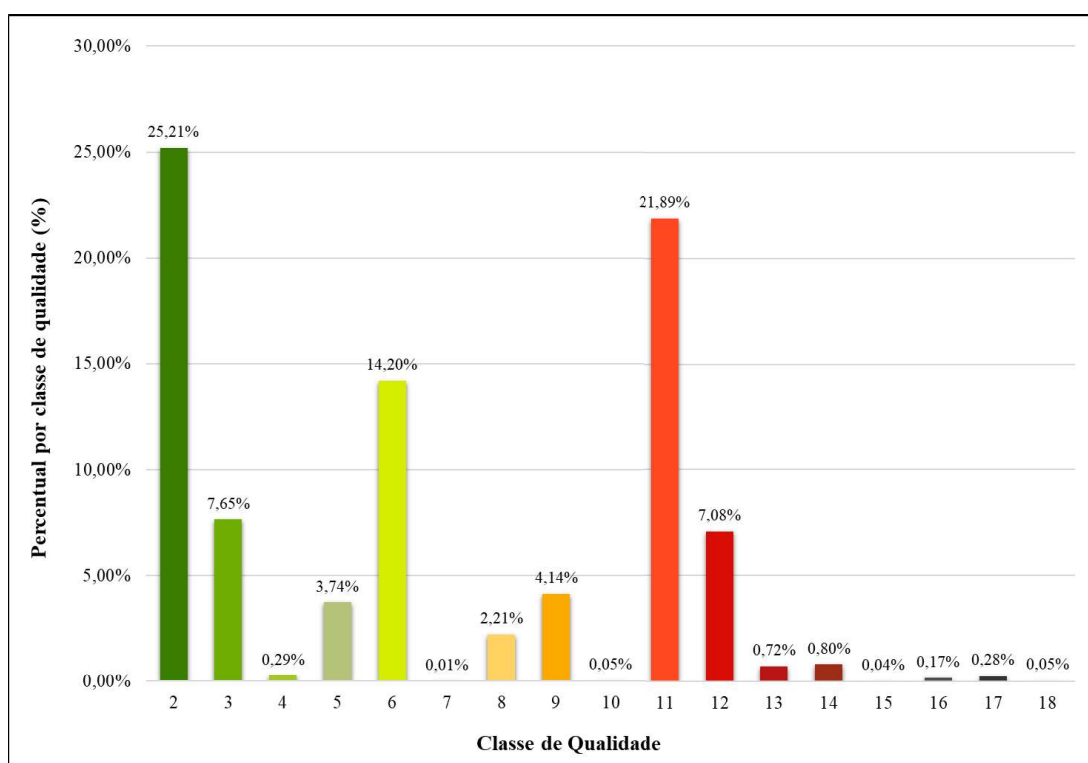


FIGURA 27 – Percentual da área de cada classe de qualidade ambiental

A classe de qualidade 2 representa o uso do solo QA+1 (uso de áreas para conservação e recreação em contato com a natureza) e cobertura da terra 2.1 (espaços não edificados com vegetação arbórea contínua, contendo fragmento de floresta). Conclui-se que a referida classe de qualidade obteve expressiva representatividade na região estudada, uma vez que a área possui massiva vegetação, principalmente nas proximidades dos cursos d'água, como o Córrego do Moinho e Rio Coxipó.

Ao mesmo tempo, a classe de qualidade 11 também merece destaque devido à predominância dos lotes classificados com nota de qualidade 11. Isso porque essa classe pode ser obtida a partir de diferentes combinações, conforme apresentados no item 4. *Material e Métodos*. No caso do estudo em questão, as combinações observadas nos lotes foram de uso QA-3 (referente ao uso residencial unifamiliar) e 1.1, correspondente aos espaços edificados de até 4 pavimentos com área adjacente com vegetação.

As classes de qualidade 6, 3 e 12 também apresentaram valores relativamente significantes, correspondendo respectivamente a 14,20%, 7,65% e 7,08%. Na região de estudo, com a classe de qualidade 6 encontram-se lotes com duas configurações

físicas distintas, resultando na mesma classe de qualidade. Há lotes com uso do solo QA-2 (atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais por elas prestados) e cobertura da terra 2.2 (espaços não edificadas com vegetação arbórea, arbustiva e herbácea), resultando na classe de qualidade 6, como também uso do solo QA 0 (praças, jardins, terrenos baldios) e cobertura da terra, classificada em 2.4, representando solo exposto.

Observa-se que na porção noroeste da região estudada há concentração das classes de qualidade 8 e 9. No entanto, futuramente, deve ocorrer uma piora na qualidade ambiental, prevendo uma alteração das referidas classes para as classes 11 e 12. Tal possível mudança se deve ao fato de que a área contempla região de condomínio fechado, no qual diversos lotes possuem configuração de cobertura da terra 2.3 (vegetação arbustiva) e 2.4 (solo exposto), isso porque ainda não foram edificados. Não haverá alteração no uso, pois já foram classificados como QA-3 (residencial unifamiliar), por estarem em área de condomínio.

Em suma, é possível notar que há na região estudada uma grande área que pode ser classificada como de melhor qualidade, sendo estas as classes de qualidade 2, 3 e 6, correspondendo a respectivamente 25,21%, 7,65%, 14,20% da área total. Além disso, há também uma quantidade significativa de classe de qualidade intermediária na área estudada, destacando-se as classes 9, 11 e 12, correspondendo a respectivamente 4,14%, 21,89% e 7,08% da área total. Por outro lado, os piores níveis de qualidade ambiental são representados pelas classes 13, 14, 15, 16, 17, 18, que somadas equivalem a 2,06% da área total. Isso se deve ao fato de que na região como um todo há predominância de uso residencial, em vez de usos comercial e industrial.

Cabe mencionar que nas porções noroeste e leste há muitos espaços que ainda não foram edificados e com presença massiva de vegetação, por isso enquadrados nas melhores classes de qualidade ambiental.

Destarte, pode-se concluir, a partir das cartas temáticas elaboradas, que a região estudada apresenta predominância de classe de qualidade de melhor qualidade e intermediária. Contudo, a determinação da qualidade ambiental urbana por meio do cruzamento das cartas temáticas com atribuição de pesos, conforme apresentado por Liberti e Nucci (2018), apresenta limitações quanto à interpretação das notas de

qualidade. Na Tabela 2 nota-se que há diferentes usos e cobertura correspondendo à classe de qualidade 6, por exemplo. Contudo, essa classe pode ser tanto a combinação da classe de uso QA-2 e 2.2, como também QA 0 e 2.4, o que não é possível saber apenas pela carta de qualidade.

Por fim, apesar da carta de qualidade ambiental apresentar as áreas com melhores e piores índices de qualidade, nota-se que muitos dados levantados de maneira minuciosa nas cartas de uso e de cobertura da terra foram perdidos. Assim sendo, recomenda-se que a utilização da carta de qualidade ambiental urbana seja feita em conjunto com as cartas de uso do solo e de cobertura da terra, a fim de identificar quais aspectos referentes ao uso de solo ou a cobertura estão influenciando mais na qualidade ambiental da região.

5.2.3. Análise Estatística Descritiva Unidimensional

Este tópico pretende analisar se a média de cobertura da terra e de uso de solo são significativamente diferentes. As variáveis avaliadas neste estudo estatístico são em relação a cada lote/subárea da área de expansão de Cuiabá e estão delineadas na Quadro 3.

QUADRO 3 - Variáveis selecionadas para o estudo estatístico

Variáveis	Natureza da Variável
FID	Qualitativa de identificação
Cobertura da terra	Qualitativa ordinal
Uso do solo	Qualitativa ordinal

Para a continuação do estudo, foi feita uma recategorização das variáveis. O objetivo foi de transformar as variáveis qualitativas ordinais em quantitativas e, para isso, cada categoria das variáveis foi substituída por notas que representassem a qualidade ambiental de determinado lote. O resumo dessa reclassificação pode ser encontrado nas Tabelas 20 e 21 abaixo.

TABELA 20 - Reclassificação da variável cobertura da terra.

Cobertura da terra	Peso
2.1	1
2.2	2
2.3	3
2.4	4
1.1	5
1.2	6
1.3	7
2.5	8
1.4	9
1.5	10
1.6	11
1.7	12
1.8	13

TABELA 21 - Reclassificação da variável uso do solo.

Uso do solo	Peso
QA+1	1
QA 0	2
QA-1	3
QA-2	4
QA-3	5
QA-4	6
QA-5	7
QA-6	8
QA-7	9
QA-8	10
QA-9	11
QA-10	12
QA-11	13
QA-12	14
QA-13	15

Além da reclassificação, foi feita uma padronização nas variáveis. A padronização tem por objetivo deixar as variáveis entre o intervalo [0,1] sem perder

informações de magnitude e ordem entre as observações. Dessa forma, a comparação entre as médias foi mais justa. Para comparar as médias entre as diferentes variáveis foi utilizado o teste não-paramétrico de postos sinalizados (teste *de Wilcoxon*).

Os *p-valores* menores que 0,05 são considerados estatisticamente significativos (bicaudais), sendo o R versão 4.2.0. o *software* utilizado para a análise estatística.

A amostra era composta por 7447 lotes de uma área de expansão da cidade de Cuiabá. Com relação à cobertura da terra, 4883 (65,57%) lotes foram classificados como “1.1 Ed. de até 4 pavimentos com área adjacente com vegetação”, 1857 (24,94%) como “1.2 Ed. de até 4 pavimentos com área adjacente impermeabilizada e sem vegetação”, 428 (5,75%) como “2.3 Vegetação arbustiva e/ou herbácea”, 241 (3,24%) como “2.4 Solo exposto”, 26 (0,35%) como “2.2 Vegetação arbórea, arbustiva e herbácea”, 9 (0,12%) como “2.1 Vegetação arbórea contínua (fragmento de floresta)”, e apenas 3 (0,04%) como “2.5 Solo bastante impermeabilizado”. A Figura 28 e a Tabela 22 resumem as informações supracitadas.

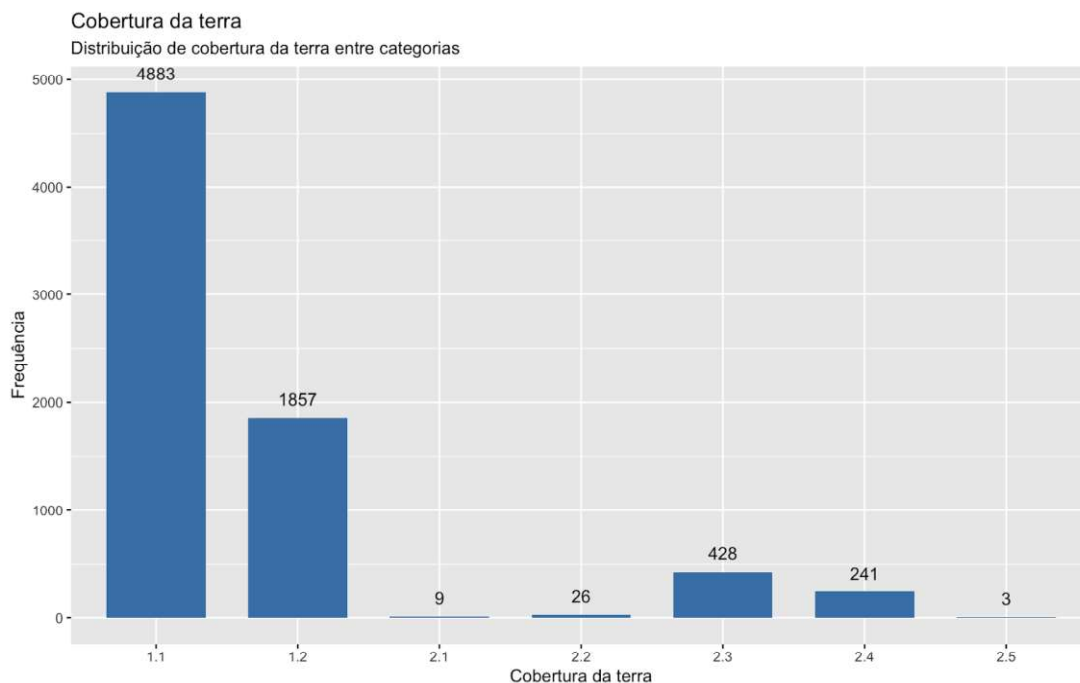


FIGURA 28 – Gráfico de barras da distribuição de cobertura vegetal.

TABELA 22 – Frequências relativas das categorias de cobertura da terra

Cobertura da terra	N	%
1.1	4883	65,57
1.2	1857	24,94
2.3	428	5,75
2.4	241	3,24
2.2	26	0,35
2.1	9	0,12
2.5	3	0,04

N - frequência.

Com relação ao uso do solo, 6973 (93,64%) foram classificados como “QA-3”; 157 (2,11%) como “QA 0”, 151 (2,03%) como “QA-6”; 67 (0,9%) como “QA-5”; 28 (0,38%) como “QA-1”; 26 (0,35%) como “QA-10”; 17 (0,23%) como “QA+1”; 11 (0,15%) como “QA-2”, 8 (0,11%) como “QA-7”, 5 (0,07%) como “QA-12, 3 (0,04%) como “QA-9, e apenas 1 (0,01%) como “QA-13”. A Figura 29 e a Tabela 23 resumem as informações supracitadas.

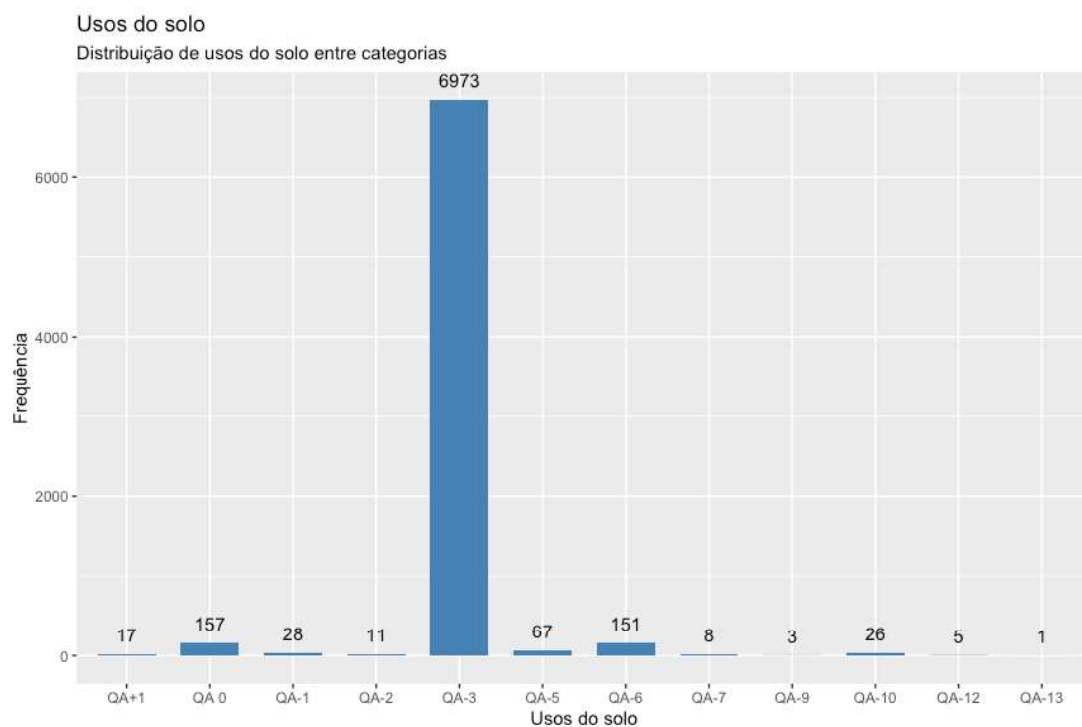
**FIGURA 29** – Gráfico de barras da distribuição de usos do solo.

TABELA 23 – Frequências relativas das categorias de uso do solo.

Uso do solo	N	%
QA-3	6973	93,64
QA 0	157	2,11
QA-6	151	2,03
QA-5	67	0,90
QA-1	28	0,38
QA-10	26	0,35
QA+1	17	0,23
QA-2	11	0,15
QA-7	8	0,11
QA-12	5	0,07
QA-9	3	0,04
QA-13	1	0,01

N - frequência.

5.2.3.1. Comparação entre as medianas

Com o objetivo de analisar se ambas distribuições de amostras de pesos (que foram reclassificadas a partir do uso e cobertura da terra de cada terreno, descritas nas Tabelas 20 e 21) são significativamente iguais, foi utilizado o teste de *Wilcoxon*. Esse teste não-paramétrico é adequado para amostras que não foram retiradas de uma população com distribuição normal. Os dados que resumem a distribuição de cada amostra estão na Tabela 24.

O teste foi realizado usando a linguagem R e os resultados estão resumidos na Tabela 25.

TABELA 24 – Resumo da distribuição dos pesos padronizados das variáveis do estudo.

Variáveis	Medidas Descritivas					
	Mínimo	1º quartil	Mediana	Média (dp)	3º quartil	Máximo
Cobertura da terra	0	0,57	0,57	0,58 (0,107)	0,57	1
Usos do solo	0	0,29	0,29	0,29 (0,061)	0,29	1

TABELA 25 – Resultados do teste de Wilcoxon.

	V	<i>p</i> -valor
Wilcoxon test	36844	$p < 2.2e^{-16}$

Como *p*-valor é menor que o nível de significância adotado (*p*-valor < 5%) podemos rejeitar a hipótese nula. Portanto, a mediana dos pesos da variável de cobertura da terra é significativamente diferente da mediana dos pesos da variável de usos do solo.

5.2.4. Análise de *Cluster*

A análise de cluster ou *clustering* é uma técnica empregada com o objetivo de agrupar observações (no caso deste trabalho os lotes) a partir de suas características (uso do solo e cobertura da terra) de forma que lotes parecidos fiquem no mesmo grupo (*cluster*) e lotes de diferentes grupos sejam mais diferentes o possível.

Há muitas maneiras do agrupamento ser feito, dependendo do tipo de variável, do critério usado para avaliar a diferença entre os indivíduos, entre outros fatores. O uso do solo, assim como a cobertura da terra, são dois fatores que são mensurados em categorias e possuem uma hierarquia entre eles. Por exemplo, lotes classificados com uso do solo QA+1 possuem uma qualidade ambiental melhor que lotes classificados como QA 0. Por conta dessa relação - de as características serem variáveis categóricas ordinais - podemos classificá-las usando pesos que refletem essa relação e, assim, utilizar algum algoritmo de “clusterização”.

Pode-se seguir as classificações feitas na análise do tópico anterior que estão resumidos na Tabela 20 e Tabela 21, que também foram feitas com o objetivo de representar a hierarquia das categorias e transformar as variáveis categóricas em numéricas. A vantagem de trabalhar com variáveis numéricas é a amplitude de algoritmos usados com esse tipo de variável. Neste trabalho foi utilizado o algoritmo *K-Means*.

5.2.4.1. K-Means Clustering

O algoritmo *K-means* tem como objetivo dividir todas as observações em K grupos (*cluster*) distintos, no qual cada observação pertence ao grupo de média (chamada muitas vezes de centroide) mais próxima a ela.

Outro critério a ser definido é o número K de *clusters* que todas as observações serão agrupadas. Uma forma de encontrar a quantidade de grupos é utilizando o gráfico de cotovelo (*elbow plot*), que mostra a variância dos dados em relação à quantidade de *clusters* analisadas. O objetivo é atingir a menor variância com o menor número de *cluster* possível. O gráfico cotovelo, elaborado a partir da utilização dos dados dos lotes, pode ser observado na Figura 30.

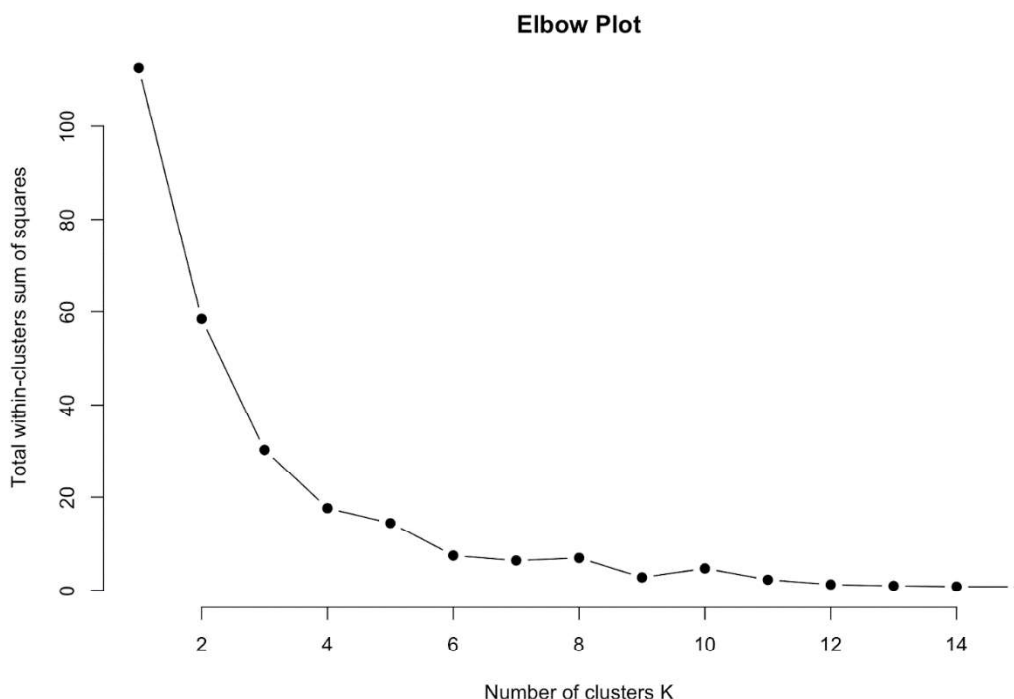


FIGURA 30 – Gráfico cotovelo.

Ao se analisar o gráfico acima, percebe-se que a variância diminui consideravelmente conforme o número de *clusters* aumenta. Porém, a partir de 4 *clusters*, a variância não diminui significativamente. Portanto, limitar o número de *clusters* em 4 mostra-se a alternativa mais viável.

A Figura 31, abaixo, mostra a distribuição dos lotes em relação ao uso do solo e cobertura da terra. Quanto mais à direita o lote se encontra, pior em qualidade

ambiental em relação ao uso do solo. Por sua vez, quanto mais acima, pior em relação à cobertura da terra.

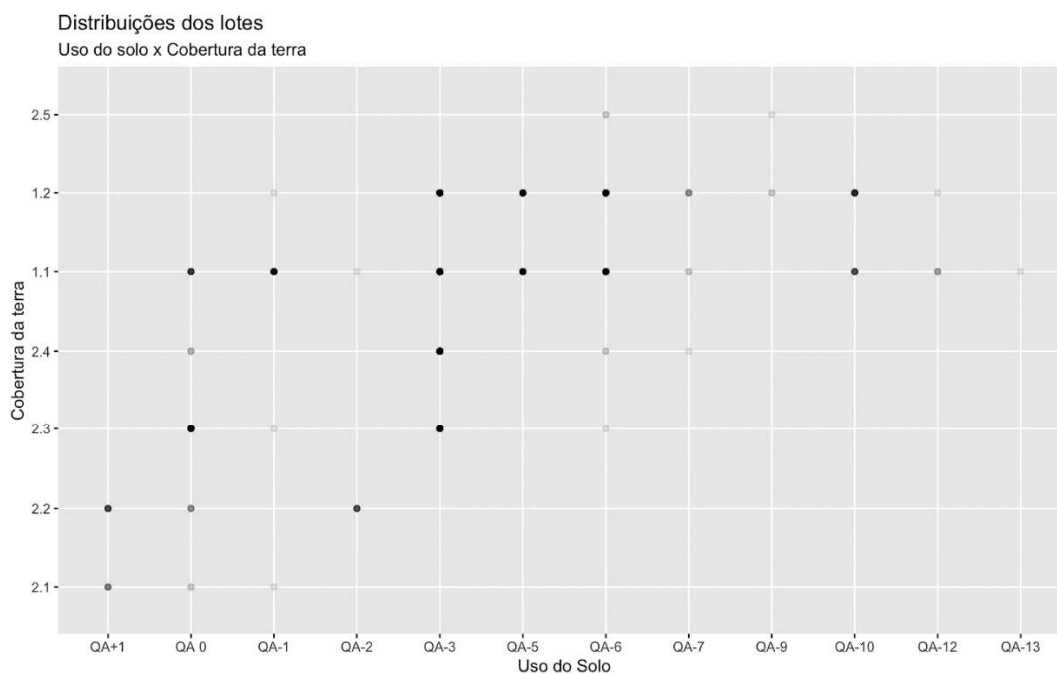


FIGURA 31 – Distribuição dos lotes em relação ao uso do solo e cobertura da terra.

A Figura 32 ilustra a distribuição dos lotes pelos quatro grupos realizada pelo algoritmo *K-means*, baseada na qualidade ambiental dos lotes.

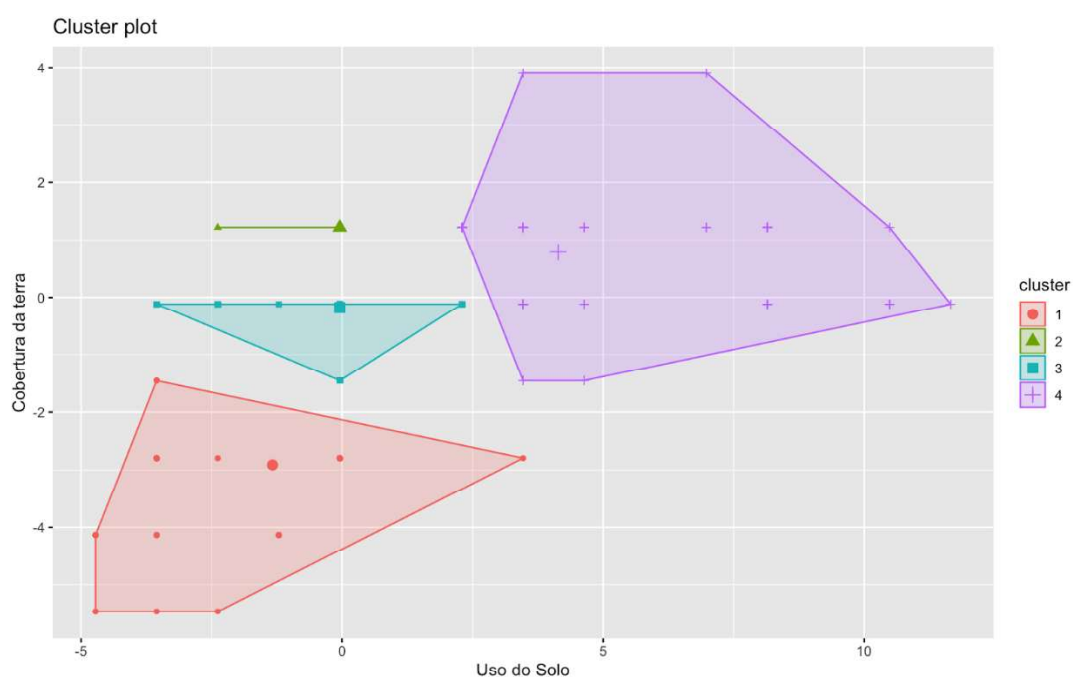


FIGURA 32 – Distribuição dos lotes e seus respectivos *clusters*.

Pela distribuição dos grupos é possível notar que o *cluster 1* refere-se aos lotes que possuem classificação QA+1, QA 0, QA-1, QA-2, QA-3 e QA-6 quanto ao uso do solo e classificação 2.4, 2.3, 2.2 e 2.1 quanto à cobertura da terra. Os lotes do *cluster 3* também possuem classificações parecidas com a do *cluster 1*, porém possuem notas piores em relação à cobertura da terra. As classificações dos lotes deste cluster são QA 0, QA-1, QA-2, QA-3 e QA-5 quanto ao uso do solo e 1.1 e 2.4 em relação à cobertura da terra.

O *cluster 2*, por sua vez, possui classificação similar aos lotes do *cluster 3*, quanto ao uso do solo (QA-1 e QA-3) e todos seus lotes são classificados como 1.2, quanto à cobertura da terra. Por último, o *cluster 4* é composto pelos lotes com piores classificações em ambas categorias. Quanto ao uso do solo, seus lotes são classificados como QA-5, QA-6, QA-7, QA-9, QA-10, QA-12 e QA-13, já quanto à cobertura da terra possuem classificações 1.1, 1.2, 2.4 e 2.5.

5.2.4.2. Cluster 1

Os lotes do cluster 1 possuem as melhores classificações de qualidade ambiental quanto ao uso do solo e à cobertura da terra. Seus lotes são classificados como "Conservação da natureza e recreação em contato com a natureza", "Recreação e salvaguarda de bens de valor histórico, artístico, arquitetônico, arqueológico e paisagístico", "Atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais", "Residencial unifamiliar" e "Serviço e comércio de pequeno porte" em relação ao uso do solo e classificados como "Solo exposto", "Vegetação arbórea, arbustiva e herbácea", "Vegetação arbórea contínua (fragmento de floresta)" e "Vegetação arbustiva e/ou herbácea" em relação à cobertura da terra. O *cluster 1* é o segundo com menor quantidade de lotes, possuindo apenas 466 lotes. A Tabela 26 apresenta tais informações.

TABELA 26 - Contingência do uso de solo e cobertura da terra dos lotes do *cluster 1*.

Cobertura da terra	Uso do solo					
	QA+1	QA 0	QA-1	QA-2	QA-3	QA-6
2.1	6	2	1	0	0	0
2.2	11	5	0	10	0	0
2.3	0	135	1	0	291	1
2.4	0	3	0	0	0	0

N – Total 466 lotes

5.2.4.3. Cluster 2

Os lotes do *cluster 2* possuem piores classificações de qualidade ambiental em relação à cobertura da terra em comparação com os lotes do *cluster 1*, contudo possuem qualidade ambiental, em relação ao uso do solo, similar aos lotes do *cluster 1*. Os lotes são classificados como "Recreação e salvaguarda de bens de valor histórico, artístico, arquitetônico, arqueológico e paisagístico" e "Residencial unifamiliar" em relação ao uso do solo. Quanto à cobertura da terra, todos são classificados como "Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação". Ao total 1712 lotes fazem parte desse grupo. A Tabela 27 resume essas informações.

TABELA 27 - Contingência do uso de solo e cobertura da terra dos lotes do *cluster 2*.

Cobertura da terra	Uso do solo	
	QA-1	QA-3
1.2	1	1711

N – Total 1712 lotes

5.2.4.4. Cluster 3

Os lotes do *cluster 3* possuem classificações de qualidade ambiental semelhantes aos dos lotes do *cluster 1* em relação ao uso do solo, porém piores classificações em relação à cobertura da terra. Os lotes do *cluster 3* são classificados como "Recreação e salvaguarda de bens de valor histórico, artístico, arquitetônico, arqueológico e paisagístico", "Atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais", "Residencial unifamiliar" e "Serviço de

pequeno porte com lotação de até 100 pessoas" em relação ao uso do solo. Além disso, são classificados como "Área adjacente com vegetação" e "Solo exposto" em relação à cobertura da terra. Esse é o maior cluster quanto à quantidade de lotes com um total de 5046 lotes inseridos neste cluster. A Tabela 28 apresenta essas informações.

TABELA 28 - Contingência do uso de solo e cobertura da terra dos lotes do *cluster 3*.

Cobertura da terra	Uso do solo				
	QA 0	QA-1	QA-2	QA-3	QA-5
1.1	12	25	1	4736	37
2.4	0	0	0	235	0

N – Total 5046 lotes.

5.2.4.5. *Cluster 4*

Os lotes do *cluster 4* possuem as piores classificações em qualidade ambiental em relação ao uso do solo e cobertura da terra. Os lotes do *cluster 4* são classificados como "Serviço de pequeno porte com lotação de até 100 pessoas", "Serviço e comércio de pequeno porte", "Serviço e comércio de médio porte", "Serviço e comércio de grande porte", "Atividade industrial nível 1", "Atividade industrial nível 3", e "Atividade industrial nível 4" em relação ao uso do solo. Quanto à cobertura da terra são classificados como "Área adjacente com vegetação", "Área adjacente impermeabilizada e sem vegetação", "Solo exposto" e "Solo bastante impermeabilizado". Esse é o cluster com menor quantidade de lotes com um total de 223 lotes. A Tabela 29 resume essas informações.

TABELA 29 - Contingência do uso de solo e cobertura da terra dos lotes do *cluster 4*.

Cobertura da terra	Uso do solo						
	QA-5	QA-6	QA-7	QA-9	QA-10	QA-12	QA-13
1.1	0	55	2	0	10	4	1
1.2	30	91	5	2	16	1	0
2.4	0	2	1	0	0	0	0
2.5	0	2	0	1	0	0	0

N - Total 223 lotes.

5.2.5. Considerações gerais análises estatísticas

Como observado por meio das análises estatísticas, o valor das medianas dos pesos que foram originados da variável de cobertura da terra diferem com significância estatística dos pesos da variável de usos do solo.

Além disso, o agrupamento dos lotes em quatro grupos se mostrou uma maneira eficiente de resumir as características de todos os lotes. Estes foram organizados, portanto, em um grupo que possui boa qualidade ambiental quanto ao uso do solo e cobertura da terra e em outros três grupos com qualidade ambiental semelhante em relação ao uso do solo, porém diferentes na qualidade ambiental em relação à cobertura da terra.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou a qualidade ambiental em área de expansão urbana na cidade de Cuiabá – MT. Para isso, foram elaboradas cartas temáticas de uso de solo e cobertura da terra e, a partir do cruzamento delas, obteve-se a carta de qualidade ambiental da região. Com relação à carta de uso de solo, observou-se que a maior parte dos lotes da região estudada possui uso residencial unifamiliar, correspondendo a 32,17% da área total. Além disso, a carta de uso mostrou que 31,59% da área total é classificada como sendo de uso destinado à conservação da natureza, como parques bosques urbanos.

Por sua vez, a carta de cobertura da terra mostrou que a classe de cobertura predominante é aquela referente aos espaços não edificadas com vegetação arbórea contínua, correspondendo a 26,58% da área total. Em segundo lugar, estão os lotes com edificações de até 4 pavimentos e com área adjacente com vegetação.

A carta de qualidade ambiental, originada a partir do cruzamento das cartas de uso e cobertura da terra, com base na técnica de atribuição de pesos em valores numéricos, apresentou 17 classes de qualidade ambiental, sendo a classe 2 a melhor classe e a 18 a pior classe de qualidade. Nota-se, na área de estudo, a predominância de lotes com melhores índices de classe de qualidade ambiental. Isso se deve ao fato de que a região está situada entre dois importantes cursos d'água com presença massiva de vegetação arbórea, o que eleva a qualidade ambiental. Em segundo lugar, obteve-se a classe de qualidade 11, sendo uma classe intermediária de qualidade. Tal classe foi obtida devido à presença de inúmeros condomínios, contemplando lotes com uso residencial.

Com relação aos piores índices de qualidade ambiental, estes foram observados em apenas alguns lotes na área objeto deste estudo. Nota-se que a maioria dos lotes classificados como classe de qualidade 16 a 18 está localizada na Av. das Torres, principal avenida da área da pesquisa, onde se observou a predominância de atividades comerciais e industriais.

Além disso, verificou-se que nas porções noroeste e leste há muitos espaços que ainda não foram edificadas. Na porção leste, destaca-se a presença massiva de

cobertura vegetal. Contudo, considerando que no futuro a área de condomínio será ocupada por edificações, haverá piora na qualidade ambiental.

Conclui-se que, a partir da leitura da carta de qualidade ambiental, é possível identificar áreas com melhores e piores valores de qualidade. No entanto, observa-se que muitas informações coletadas para elaboração das cartas de uso e de cobertura da terra se perderam. Destarte, é recomendado que a utilização da carta de qualidade ambiental urbana seja realizada em conjunto com as cartas de uso do solo e de cobertura da terra. Pois, assim, torna-se possível identificar quais aspectos relativos ao uso de solo e cobertura da terra estão influenciando na qualidade ambiental da região. Consequentemente, possibilita a adoção de tomadas de decisão referentes à melhoria da qualidade ambiental.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Considerando que nesta pesquisa foi apresentada uma avaliação da qualidade ambiental em área de expansão urbana na cidade de Cuiabá-MT, e que foram levantados um grande volume de dados relativos ao uso do solo e cobertura da terra da região estudada, sugere-se que sejam realizados estudos que contribuam para a Análise Microclimática de Sistemas Urbanos, tais como:

- a. Classificar, a partir da mesma metodologia do presente trabalho, o uso e cobertura da terra referentes aos anos anteriores;
- b. Comparar as classes de qualidade ambiental resultantes desta pesquisa com as de outros anos, e analisar o que provocou a diferença de resultado;
- c. Avaliar o uso e ocupação do solo nas variáveis biofísicas por meio do sensoriamento remoto;
- d. Realizar medições de variáveis biofísicas, podendo ser por meio de transecto móvel, e correlacionar o comportamento dessas variáveis para entender como estas são alteradas pelo uso e cobertura do solo.

8. BIBLIOGRAFIAS

8.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ANIS, C. F.; CARDUCCI, C. E.; RUVIARO, C. F. **Mercado de carbono agrícola: realidade ou desafio?** Multitemas. Campo Grande, MS. V. 27 n. 65, p. 163-187, jan./abr. 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.20435/multi.v27i65.3396>.

BRANCO, S. M. **Poluição do ar**. São Paulo: Ed. Moderna, 1995. (Coleção Polêmica).

BRIGUENTI, E. C. **O uso de geoindicadores na avaliação da qualidade ambiental da Bacia do Ribeirão Anhumas**. 2005, 129 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociência, Campinas, 2005.

BUCCHERI FILHO, A. T.; TONETTI, E. L. Qualidade ambiental nas paisagens urbanizadas. In: João Carlos Nucci. (Org.). **Planejamento da Paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano**. Estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR. 1. ed. Porto Alegre: Fi, 2021, p. 98-136.

CAVALHEIRO, F.; NUCCI, J.C; GUZZO, P.; ROCHA, Y.T. Proposição de terminologia para o verde urbano. **Boletim Informativo da SBAU** (Sociedade Brasileira de Arborização Urbana), ano VII, n. 3 - Jul/ago/set de 1999, Rio de Janeiro, Wp. 7.

CERVERO, R.; GUERRA, E.; STEFAN, AL. *Planning Cities for People and Places*. Island Press Washington, DC. 2017.

COSTA, C. S. Áreas Verdes: um elemento chave para a sustentabilidade urbana. A abordagem do projeto Greenkeys. *Arquitextos*. São Paulo, v.11, 2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.126/3672>>. Acesso em: 24 jul. 2022.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá/ *Evolução Urbana de Cuiabá*. IPDU – Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Cuiabá, 2010.

DALBEM, R. P.; NUCCI, J. C. Cobertura Vegetal: conceituação, classificação e quantificação aplicadas ao bairro São Braz, município de Curitiba – PR. In: IV

SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA. Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, **Anais**. 2006. (CD-ROM).

DIAS, F. A.; GOMES, L. A.; ALKMIM, J. K. Avaliação da qualidade ambiental urbana da bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v. 23, nº 1, p. 127-147, abr. 2011.

DÍAZ-MORENO, A. B. **Possibilidades metodológicas de aplicación de indicadores ambientales a nível municipal**. In.: Revista de estudos ambientais, Blumenau, v. 1, n. 1, p. 77-95, jan/abr, 1999.

DREW, D. **Processos interativos homem-ambiente**. 2ª Edição – Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil S.A., 1989

FRANCIS, R. A.; CHADWICK, M. A. **Urban Ecosystems**. Understanding the Human Environment. 1. ed. New York: Routledge, 2013. 232p.

HOUGH, M. **Naturaleza y ciudad: planificación urbana y procesos ecológicos**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998. 316 p. Tradução de: Cities and natural process.

INÁCIO FILHO, J. C. Créditos de carbono da agricultura brasileira. **Revista De Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia – REIVA**. V. 5, nº 02, 4. 2022.

KAMP, I.; LEIDELMEIJER, K.; MARSMAN, G.; HOLLANDER, A. Urban environmental quality and human well-being: Towards a conceptual framework and demarcation of concepts; a literature study. **Landscape and urban planning**. V. 65, p. 5-18, 2003.

KIEMSTEDT, H.; von HAAREN, C.; MÖNNECKE, M.; OTT, S. **Landscape Planning: contents and procedures**. Hanover: The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Universidade de Hanover, 1998, 39p.

KUO, F. E.; SULLIVAN, W. C. **Aggression and violence in the inner city. Effects of environment via mental fatigue**. Environ. Behav. 33, p. 543–571. 2001.

LIBERTI, E.; NUCCI, J. C. Carta da Qualidade Ambiental Urbana: questões técnicas no cruzamento digital das cartas de uso e de cobertura da terra na parte superior da

bacia do rio Belém (Curitiba-PR). **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. V. 6, p. 59-74, 2018.

LIMA, S. F. Introdução ao conceito de sustentabilidade aplicabilidade e limites. **Cadernos da Escola de Negócios**. V. 1, n. 4. 2006.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. Metodologia para analisar a qualidade ambiental urbana através de geoprocessamento. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 12, 2009, Montevideu. **Anais**. Montevideu: Universidad de la República, 2009. 7631p.

LIMA, V. “Do Mapa ao Modelo”: Representação da Qualidade Ambiental Urbana de Osvaldo Cruz/SP. **Revista Geografia em Questão**. V. 4, nº 1, p. 112-125, 2011.

LLARDENT, L. R. A. **Zonas verdes y espacios libres en la ciudad**. Madri: Inst. De Estudios de Administración Local, 1982.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**. O exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985, 244p.

LUENGO, G. Elementos para la definición y evaluación de la calidad ambiental urbana. Una propuesta teórico-metodológica. In: SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE CALIDAD DE VIDA URBANA, 4, 1998, Tandil. **Anais**. Tandil, 1998.

MACEDO, R. K. A importância da avaliação ambiental. In: TAUKE, S. M. (Org). **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 1995.

MACHADO, Lucy Marion Calderini Philadelpho. Qualidade ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos. In: Indicadores Ambientais. MARTOS, Henry Lesjak; MAIA, Nilson Borlina. Indicadores Ambientais. Sorocaba: [s.n.], 1997.

MANTEIGA, L. **Los indicadores ambientales como instrumento para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas**. In: Estadísticas y medio ambiente. Instituto de Estadísticas de Andalucía. Junta de Andalucía, p. 71-87, Sevilla, 2000.

MARGULIS, S. **Meio ambiente**: aspectos técnicos e econômicos. 2ª Ed. – Brasília, IPEA, 1996.

MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 1991. 180p.

MASCARÓ, L. **Ambiência urbana**. Porto Alegre, Ed. Sagra, DC Luzzatto, 1996.

MASCARÓ, L. E. A. R. de; MASCARÓ, J. L. **Vegetação urbana**. Porto Alegre: L. Mascaró, 2003. 210p.

MILANO, M. S. **Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba - PR**. 1984. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, 1984.

MONTEIRO, C. A. de F. **Qualidade ambiental – Recôncavo e Regiões limítrofes**. Salvador: Centro de Estatística e Informações, 1987, 48p. e 3 cartas.

MOTA, S. Urbanização e meio ambiente. Rio de Janeiro, ABES, 1999.

MOURA, A. R. de; NUCCI, J. C. Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas – o caso do Bairro de Santa Felicidade, Curitiba/PR. In: Revista Geografia. Ensino & Pesquisa, v. 12, p. 1682-1698, 2008 – Santa Maria: UFSM.

NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento: um estudo de Planejamento da Paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP). (Tese) Doutorado. São Paulo: USP, 1996, 229p.

NUCCI, J. C. Metodologia para determinação da qualidade ambiental urbana. **Revista do Departamento de Geografia**. V.12, p. 209-224, 1998.

NUCCI, J. C.; KRÖKER, R.; SCHMIDT, E.; BUCCHERI-FILHO, A. T. Mapeamento da qualidade ambiental no bairro Hauer, Curitiba/Paraná. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENVIRONMENTAL PLANNING AND URBANIZATION. Brasília, 2005.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**. Curitiba: 2ª edição do autor (e-book), 2008. Disponível em: <www.geografia.ufpr.br/laboratorios/labs>

NUCCI, J. C.; FERREIRA, M. B. P.; VALASKI, S. Cobertura do solo e qualidade ambiental urbana como subsídios ao planejamento da paisagem. In: CONGRESSO

IBERO-AMERICANO DE ESTÚDIOS TERRITORIALES Y AMBIENTALES, 6, 2014, São Paulo. **Anais**. São Paulo: USP, 2014. 2886-2902p.

NUCCI, J. C; VALASKI, S; ESTÊVEZ, L. F; TONETTI, E. M. Uso da terra e qualidade ambiental urbana: uma proposta de legenda para mapeamento. **Revista GEOgraphia**, Rio de Janeiro, 2019.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. **Environmental Performance Reviews: A Practical Introduction**. OECD. Paris, 1997.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. **Evaluating Brazil's progress in implementing Environmental Performance Review recommendations and promoting its alignment with OECD core acquis on the environment**. OECD. 2021.

OKE, T.R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. V.108, n. 455, p. 1-24, 1982.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press. 2017. doi:10.1017/9781139016476.

PDDM, 2021. Revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento e Cuiabá. Tese Tecnologia Arquitetura e Cultura Ltda. Curitiba, 2021

PNIA, 2012. Painel Nacional de Indicadores Ambientais. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Executiva, mai. 2014.

ORTEGUS, J. D. Design with people: the quality of the urban environment. *Environ. Behav.* 3, p. 155–177, 1971.

RIBEIRO, T. G.; BOAVENTURA, G. R.; CUNHA, L. S.; PIMENTA, S. M. Qualidade Ambiental: Reflexões Teóricas. **Revista Processos Químicos**. V. 11, nº 21, p. 37-45, 2017.

RIVM, 2002. Instituto Nacional de Saúde Pública e Meio Ambiente. In: Bouwman, A., van Kamp, I., van Poll, R. (Eds.), Report 630950 00x Workshopverslag Leefomgevingskwaliteit II. Verslag Workshop, dec. 2001, in press.

RMB, 1996. Conselho de Gestão Ambiental (RMB) e Conselho de Ordenamento do Território Ordem. Assessoria Conjunta; Sustentável e habitável: sobre a coordenação mútua da política espacial e da política ambiental. Haia: RMB. 1996.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2001. 2ª edição, p. 18-20.

ROSA, T. C.; VALIN Jr., M. O.; RIBEIRO Jr., I. Estudo Comparativo da Permeabilidade do Solo e a Legislação do Plano Diretor da Cidade de Cuiabá – MT. **Anais**. Geocentro. Goiânia, 2017.

RUFINO, R. C. **Avaliação da qualidade ambiental do município de Tubarão (SC) através do uso de indicadores ambientais**. 2002. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SANTANA, P.; NOGUEIRA, H.; SANTOS, R.; COSTA, C. **Avaliação da Qualidade Ambiental dos Espaços Verdes no Bem-Estar e na Saúde**. Ed. Edições Almedina. 2007.

SEWELL, G. H. **Administração e controle da qualidade ambiental**. São Paulo: Edusp, 1978. 295p.

SITTE, C. **A construção das cidades segundo seus princípios artísticos**. São Paulo, Ed. Ática, 1992 (1º ed. De 1889), 239p.

SPIRN, A. W. **O Jardim de Granito: A Natureza no Desenho da Cidade**. São Paulo: EDUSP, 1995.

ULRICH, R. S. View through a window may influence recovery from surgery. **Science**. 224, p. 420–421, 1984.

VALASKI, S. **Avaliação da qualidade ambiental em condomínios residências horizontais com base nos princípios do planejamento da paisagem. Estudo de caso: bairro Santa Felicidade – Curitiba/PR**. 2008. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

VALASKI, S. **Estrutura e dinâmica da paisagem: subsídios para a participação popular no desenvolvimento urbano do município de Curitiba-PR**. 2013. 148 f. Tese

(Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

VASILE, S.; RADITAS, A.; MARIA, K. C.; DANUTS, T.; MIHAELAS, S. The Evaluation of the Environmental Quality in Romania. **Geographica Pannonica**. V. 15, nº 2, p. 42-50, 2011.

WHITFORD, V.; ENNOS, A. R.; HANDLEY, J. F. **City form and natural processes: indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK**. *Landscape Urban Plann.* 20 (2), p. 91–103, 2001.

WINOGRAD, M. **Marco conceptual para o desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para la toma de decisiones en Latinoamerica y el Caribe**. Position Paper, Proyecto CIAT/UNEP, CIAT, Cali, 1995.

WINOGRAD, M. **Desarrollo y uso de indicadores ambientales para la planificación y la toma de decisiones en la Corporación Autónoma Regional del Risaralda: Marco Conceptual e Aplicación**. Proyecto CIAT-UNEP/CARDER, Cali, 1996.

8.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

BUSSAB, W. de O.; MORETTIN, P. A. **Estatística básica**. Saraiva, 2010.

CUIABÁ, Prefeitura Municipal de Cuiabá/ *Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano*. IPDU – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Urbano. Cuiabá, 2015.

CUIABÁ, Prefeitura Municipal de Cuiabá. *SigCuiabá*. Disponível em <https://app.smartgis.net.br/cuiaba/publico/navegador-geofinanceiro/> Acesso em 15.11.2022.

GOMES, M. A. S.; SOARES, B. R. Reflexões sobre qualidade ambiental urbana. **Revista Estudos Geográficos**, Rio Claro, SP, v. 2, p. 21-30, jul/dez. 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico (2010)**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/> Acesso em 20.01.2022.

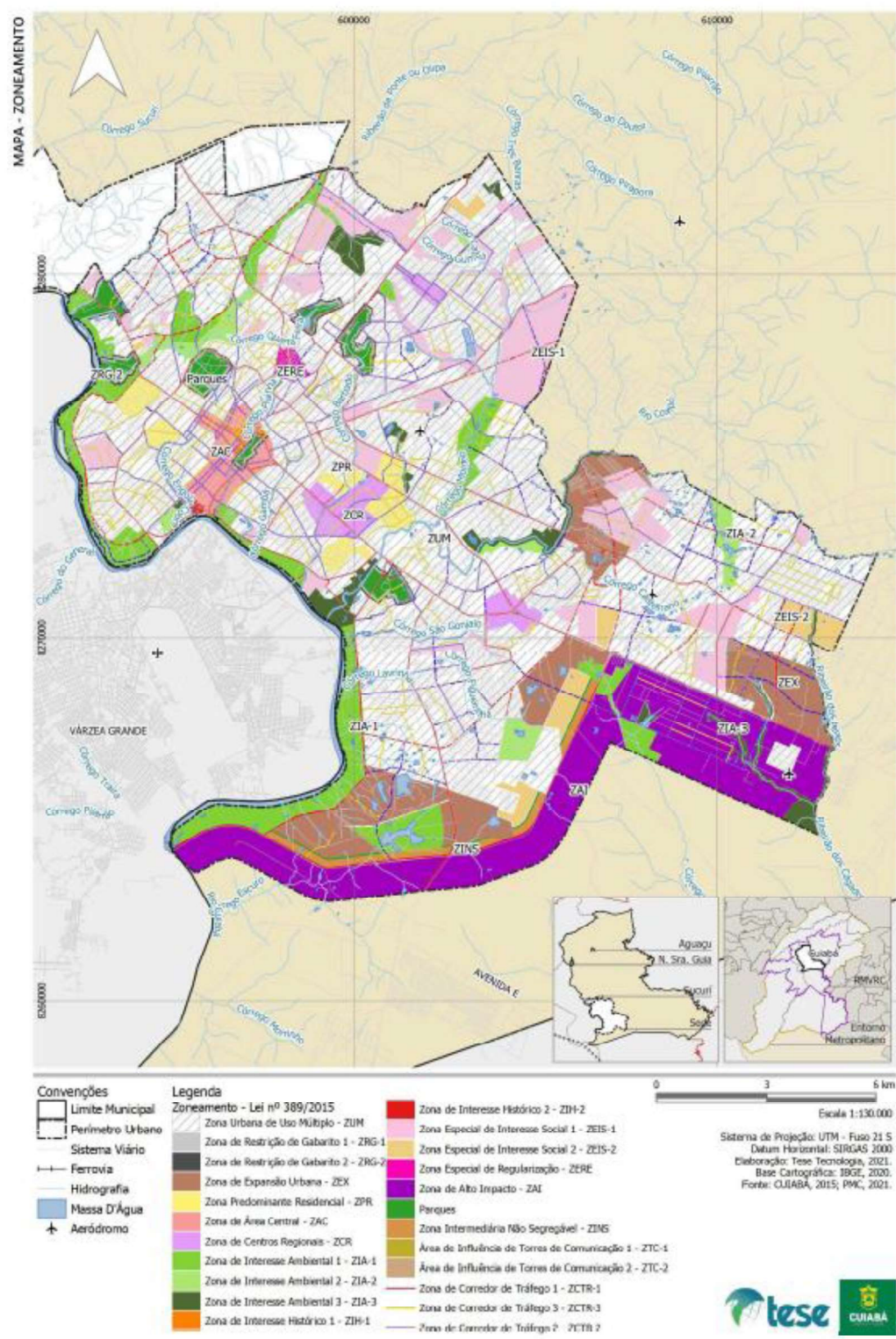
KASSAMBRA, A. **Practical Statistics in R for Comparing Groups: Numerical Variables**. Publicação independente, 2019.

LEI COMPLEMENTAR Nº 150, DE 29 DE JANEIRO DE 2007.

SANTOS, M. **Manual de Geografia Urbana**. São Paulo, 1981, 2. ed., 214p. Hucitec.

9. ANEXOS

ANEXO A – Mapa de Zoneamento do município de Cuiabá



FONTE: Prefeitura Municipal de Cuiabá, 2021

ANEXO B – Classificações ambientais de uso do solo elaboradas por Nucci et al. (2019)

Nucci et al. (2019) separaram as classificações ambientais de uso do solo da seguinte forma:

“QA = + 1 (Qualidade Ambiental = + 1) - Preservação e conservação da natureza, pesquisa, ecoturismo, educação ambiental e recreação em contato com a natureza. Exemplos: Unidades de Conservação da Natureza, tais como parques urbanos destinados à conservação do patrimônio ambiental e ao lazer.

QA = 0 - Espaços livres de edificação destinados à recreação ativa e passiva; valorização e salvaguarda dos bens de valor histórico, artístico, arquitetônico, arqueológico e paisagístico. Ex.: praças, jardins, terrenos baldios.

QA = - 1 - Espaços edificados destinados à preservação, valorização e salvaguarda dos bens de valor histórico, artístico, arquitetônico, arqueológico e paisagístico e espaços públicos ou privados ocupados por clubes esportivos sociais; clubes de campo e clubes náuticos.

QA = - 2 - Atividades econômicas compatíveis com a manutenção e recuperação dos serviços ambientais por elas prestados, em especial os relacionados às cadeias produtivas da agricultura e do turismo, de densidades demográfica e construtiva baixas. Ex.: atividades de pesquisa e educação ambiental, atividades de manejo sustentável (agroindústria, atividades agroflorestais, agropecuária, dentre outras); captação de água mineral/potável de mesa.

QA = - 3 - Residencial: edificações de até 4 pavimentos.

QA = - 4 - Residencial: conjunto residencial acima de 4 pavimentos.

QA = - 5 (serviços de pequeno porte / lotação de até 100 pessoas) - Serviço público social de pequeno porte, local de reunião ou de eventos com lotação de até 100 pessoas; prestação de serviços pessoais e profissionais (liberais, técnicos ou universitários ou de apoio ao uso residencial) de âmbito local, serviços de administração e públicos. Ex.: bibliotecas, estabelecimentos destinados à educação e cuidados infantis ou de alunos com necessidades especiais, unidades de saúde e assistência social de âmbito local

(ambulatório, laboratório de análises clínicas - dentária, médica, veterinária), eletroterapia, “home care”, agências de correios, telefônicas, cartórios, consulados, Delegacia de Ensino, Órgãos da Administração Pública federal, estadual e municipal, Posto Policial, Serviço Funerário entre outros; cabeleireiros e outros tratamentos de beleza, caixas bancárias automáticas, fotografia, lavanderias e tinturarias (não industriais), locação de fitas de vídeo, dvds, livros, etc.; escritórios, consultórios e agências de representação de negócios em geral, agência bancária, agência de empregos, de entregas de encomendas, de passagens e turismo, imobiliária, escritórios em geral, copiadoras, manutenção predial (eletricista, encanador, pedreiro, pintor, chaveiro, vidraceiro, jardineiro), costureiro, conservação, reparação e manutenção, limpeza e reparos de máquinas e de aparelhos eletrodomésticos, elétricos e eletrônicos de uso domiciliar, e de outros objetos pessoais e domésticos (bicicletas, brinquedos, canetas, cutelarias e outros), sapateiro, confecção de carimbos, maquetes e molduras, laboratório de Prótese Dentária, lapidação, oficinas de joias e relógios, ensino pré-escolar ou à prestação de serviços de apoio aos estabelecimentos de ensino seriado e não seriado, associações comunitárias, culturais e esportivas, casas de repouso, conventos, seminários, flats, hotéis, motéis, pensionatos, etc.

QA = - 6 (serviços e comércio de pequeno porte, até 1.500m² de área construída, até 100 lugares, até 40 vagas de estacionamento) - Comércio diversificado de âmbito local; serviços de saúde (sem unidade de pronto atendimento), central de armazenamento e distribuição de cargas, serviços de armazenamento e guarda de bens móveis. Ex.: armazém, mercearia, casa de carnes (açougue, avícola, peixaria), casa de massas, confecção e comercialização de alimento congelado ou comida preparada, padaria, bar, lanchonete, sorveteria, restaurantes, casas de música, salão de festas, bailes, “buffet”, aluguel de vestimentas, louças, toalhas, móveis, máquinas etc.; depósitos de material, máquinas e equipamentos em geral, distribuidora de alimentos embalados ou enlatados, de bebidas, guarda e adestramento de animais, leiloeiro oficial, depósito de madeira, serviço de aluguel equipamento, local de culto.

QA = - 7 (serviços e comércio de médio porte, até 7.500m², de 100 a 500 pessoas) - Serviços de ensino, saúde, lazer, esportes, serviços públicos, comércio de alimentação e de abastecimento. Ex.: ensino fundamental, médio e superior, ensino complementar aos cursos profissionalizantes ou de aperfeiçoamento ou à educação

informal em geral, estabelecimentos de saúde e assistência social de âmbito regional; hospitais, pronto-socorro; albergue, asilo, berçário, dispensário, telecentros, orfanato, local de reunião ou eventos, Comando de batalhão de policiamento de trânsito, Corpo de bombeiros, Delegacia de polícia, Forum, Juizado de menores, Tribunais, academias de ginástica, bilhar, bingo, boliche, clubes associativos, diversões eletrônicas, “Lan house”, “Kart indoor”, “Paintball”, “war game”, parque de animais selvagens, ornamentais e de lazer, pesqueiro, pista de “skate”, quadras e salões de esporte para locação, associações comunitárias, culturais e esportivas, local de culto, central telefônica e estação rádio-base.

QA = - 8 (serviço e comércio de grande porte, acima de 7.500m² e de 500 pessoas)

- Serviço e comércio em geral, mas de grande porte. Ex.: universidades ou outros estabelecimentos de ensino, local de reunião, evento, culto ou de alimentação, shopping center.

QA = - 9 (serviço e comércio de grande porte, acima de 5.000m², mais de 200 vagas de estacionamento e oficinas)

- Serviços de armazenamento e guarda de bens móveis, comércio de produtos especiais, oficinas. Ex.: venda ou guarda de mercadorias em geral, máquinas ou equipamentos, guarda de móveis ou animais, incluindo garagem de ônibus, caminhões e de máquinas, edifícios-garagem, aluguel de veículos, centro de inspeção de veículos, desmanche de veículos, empresa transportadora, estacionamentos, feira de veículos, autódromo, penitenciária, quartéis, quadra de escola de samba e “Drive-in”, terminal rodoviário interurbano de transporte de passageiros, terminal de ônibus urbano, estações de metrô, trem, monotrilho e demais modais de transporte público coletivo urbano, comércio de produtos agro-pecuários ou minerais (borracha natural, carvão mineral e vegetal, chifres, couro, etc); comércio de madeira bruta, de produtos químicos, adubos, fertilizantes, gomas ou resinas; ferro velho.

QA = - 10 (Atividade industrial nível 1 – sem qualquer operação de anodização, pintura e tingimento, apenas montagem)

- Fabricação de artigos de vestuário e acessórios, de artefatos de papel, de equipamentos de comunicações, de máquinas para escritório e equipamentos de informática, de equipamentos de instrumentação médico-hospitalares, instrumentos de precisão e ópticos, equipamentos para automação

industrial, cronômetros e relógios, de material eletrônico básico, de aparelhos e equipamentos de telefonia, radiotelefonia, televisão, rádio, informática, de produtos alimentícios e bebidas artesanais, de artigos esportivos, recreativos, de placas e cartazes, embalagem, rotulagem, encadernação e restauração de livros. Laboratório de controle tecnológico e análise química, lavanderia hospitalar, estúdio fotográfico, de gravação de vídeo, de sons, de filmagens. Soldagem, vidraçaria, cantaria, marmoraria, carpintaria, marcenaria, serralheria, gráfica, clichêria, linotipia, fotolito, litografia e tipografia. Manutenção e reparação de artefatos de metal (armeiros, ferreiros), de veículos automotores e motocicletas (alinhamento e balanceamento, amortecedores, chassis, estofamento, faróis, freios, funilaria, molas, motores, pinturas e similares), posto de abastecimento e lavagem de veículos. Abastecimento de gás natural, tais como estações de regulagem de pressão de gás e centrais de cogeração e abastecimento de água. Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, tais como estações e subestações reguladoras de energia elétrica e sistema de transmissão de energia elétrica, inclusive estação e subestação reguladora, usinas hidrelétricas, usinas termoeletricas, usinas eólicas, usinas fotovoltaicas, usinas de biomassa, usinas de biogás ou biometano, usinas elevatórias, barragens, diques, sangradouros e reservatórios para a geração de energia elétrica. Base aérea ou de treinamento militar; Campo para treinamento de combate contra incêndios; Central de controle de zoonoses. Transporte aéreo, tais como aeroportos, aeródromos e helipontos.

QA = - 11 (Atividade industrial nível 2 – até 1.000m² de área construída) -

Fabricação de produtos alimentícios e bebidas (produtos de padaria, confeitaria; sorvetes; derivados do cacau e elaboração de chocolates; fabricação de gelo (usando freon como refrigerante), engarrafamento e gaseificados de águas minerais dentre outros; fabricação de produtos têxteis (sem operações de fiação, tecelagem, beneficiamento e tingimento de fibras têxteis ou tecidos); preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados (sem operações de curtimento); fabricação de produtos de plástico, de produtos de madeira, palha, cortiça e bambu. Fabricação de peças e acessórios para veículos automotores (indústrias de montagem que não envolva transformação de matéria-prima).

QA = - 12 (Atividade industrial nível 3 - potencialmente insalubres e com riscos de periculosidade) - Fabricação de produtos alimentícios e bebidas (preparação de

alimentos, conservas, produtos de cereais, bebidas, refino de óleos vegetais, preparação de margarina e outras gorduras vegetais e de óleos de origem animal não comestíveis, fabricação de produtos de arroz, milho e mandioca, café e mate solúvel, dentre outros). Fabricação de produtos do fumo. Fabricação de produtos têxteis (beneficiamento e tecelagem de fibras têxteis, estampa e texturização, alvejamento e tingimento de tecidos, dentre outros). Fabricação de papel e produtos de papel. Fabricação de álcool, cloro e álcalis, gases industriais, etc, produtos farmacêuticos, sabões e detergentes, artigos de perfumaria e cosméticos, aditivos de uso industrial, chapas, filmes e outros materiais e produtos químicos para fotografia, discos, fertilizantes fosfatados, nitrogenados e potássicos, adubos, resinas, fibras, fios, cabos e filamentos contínuos artificiais e sintéticos, defensivos agrícolas, produtos de limpeza e polimento, tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins, carvão vegetal, velas, fungicidas, herbicidas, concentrados aromáticos naturais, artificiais e sintéticos. Fabricação de artigos de borracha. Fabricação de produtos de minerais não metálicos (vidro, artefatos de concreto, cimento e estuque, dentre outros). Reciclagem de sucatas não-metálicas. Metalurgia básica (produção de laminados de aço, metalurgia de diversos metais, fundição), processos de forja, galvanoplastia, usinagem, solda, têmpera, cementação e tratamento térmico de materiais. Fabricação de máquinas e equipamentos (motores, bombas, tratores, armas, eletrodomésticos, dentre outros). Fabricação de pilhas, baterias e acumuladores elétricos, lâmpadas e equipamentos de iluminação, geradores, transformadores, etc. Fabricação e montagem de veículos automotores. Indústria extrativista (extração de água mineral, carvão mineral, petróleo e gás natural, xisto, areias betuminosas, minérios, pedra, areia e argila, ardósia, granito, mármore, calcário/dolomita, gesso e caulim, areia, cascalho ou pedregulho, saibro, basalto, dentre outros. Local de eventos destinados à feira de exposição ou show de natureza social, esportiva, religiosa, lazer e agropecuária. Gestão integrada de resíduos sólidos, tais como depósito ou transbordo de materiais para reciclagem, usina ou estação de transbordo e de tratamento, aterros de resíduos sólidos. Estação de tratamento, reservatório, estação elevatória de água, estação de tratamento de esgoto, reservatório de retenção de água pluvial). Estação de controle e depósito de petróleo, estacionamento especial de veículos transportando produtos perigosos ou em situações de emergência. Depósitos de inflamáveis, combustíveis, álcool, inseticidas,

lubrificantes, resinas, gomas, tintas e vernizes ou outros produtos químicos perigosos, depósito de botijões de gás, comércio e depósito de fogos de artifício e estampidos. Cemitérios.

QA = - 13 (Atividade industrial nível 4 – deve ser proibida em zona urbana) -

Fabricação de produtos alimentícios: óleos, gorduras, beneficiamento de arroz, fabricação de rações balanceadas, dentre outros produtos que exigem soluções tecnológicas complexas ou onerosas para seu tratamento (preparação de carne, banha e produtos de salsicharia, pescado e conservas de peixes, crustáceos e moluscos, produção de óleos vegetais em bruto, preparação do leite, fabricação de produtos do laticínio, usinas de açúcar, fabricação de gelo (usando amônia como refrigerante); curtimento e outras preparações de couro; fabricação de celulose e pastas para fabricação de papel; fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de combustíveis nucleares; fabricação de asfalto; fabricação de produtos químicos (processos e operações altamente nocivas para a saúde pública e o meio ambiente); intermediários para fertilizantes, resinas e fibras, produtos petroquímicos básicos, produtos da destilação da madeira, fabricação de explosivos (pólvoras, detonantes, munição e artigos pirotécnicos), de impermeabilizantes e solventes. Fabricação de cimento, cal, telhas, tijolos, ornatos e estruturas de amianto; metalúrgica básica (produção de gusa, ferro e aço). Britamento de pedras.”