

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

HELENA SIMÕES PESCARINI

Geoecologia da Cratera de Colônia: uma avaliação sistêmica

SÃO PAULO
2022

HELENA SIMÕES PESCARINI

Geoecologia da Cratera de Colônia: uma avaliação sistêmica

Trabalho de Graduação Individual apresentado
ao Departamento de Geografia da Faculdade
de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de bacharelado em Geografia.

Área de concentração: Geografia física

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Deborah de Oliveira

São Paulo

2022

PESCARINI, H. S. **Geoecologia da Cratera de Colônia: uma avaliação sistêmica.**

Trabalho de Graduação Individual apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Bacharelado em Geografia.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso.

À minha orientadora Professora Dra. Déborah de Oliveira.

À Professora Dra. Sidneide Manfredini, pela orientação durante a primeira metade do desenvolvimento deste trabalho.

À Associação Comunitária Habitacional de Vargem Grande, pelo fornecimento de dados e consultoria.

Aos meus amigos e familiares que me apoiaram nesse trajeto, em especial aos meus companheiros de jornada Bruna Feliciano Palma e Leon Ilitch Sopko.

RESUMO

PESCARINI, H. S. **Geoecologia da Cratera de Colônia: uma avaliação sistêmica.**

Trabalho de Graduação Individual em Geografia - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Esta pesquisa tem por objetivo principal realizar, por meio de uma revisão bibliográfica, um panorama geral da caracterização física da cratera de Colônia, analisando seus aspectos geológicos, ecológicos, biogeográficos e especialmente geomorfológicos e pedológicos de maneira a elucidar o contexto ambiental da cratera. Como objetivo secundário, as questões ambientais serão confrontadas com as questões legais e urbanas de uso e ocupação do solo, com uma perspectiva ambientalista e conservacionista, por fim concluindo com uma análise dos resultados apresentando tais riscos e construindo um debate quanto a vulnerabilidade de uma área tão única e relevante para a geodiversidade do hemisfério sul, tendo em vista as práticas de geoconservação.

Palavras-chave: Cratera de Colônia. Geomorfologia. Urbanização. Geoconservação.

ABSTRACT

PESCARINI, H. S. **Geoecology of the Colony Crater: a systemic assessment.**

Trabalho de Graduação Individual em Geografia - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

This research has as its main goal - through bibliographic review - to provide a general outlook of the physical characterization of the studied area of the Colônia crater, analyzing its geological, ecological, biogeographic and specially geomorphologic and pedological aspects, in order to elucidate the environmental context of the crater. As a secondary goal, the environmental aspects will be confronted with urban and legal issues associated with an environmentalist end conservationist perspective. At last, it sums up with an analysis of the results portraying such risks and promoting a debate about the vulnerability of such an unique and relevant area to geodiversity in the Southern hemisphere, keeping the geoconservation practices in mind.

Keywords: Colônia crater. Geomorphology. Urbanization. Geoconservation.

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1: Perfil de Cambissolo argiloso espesso e homogêneo em área próxima ao PNMCC.....	25
Imagem 2: Associação de Cambissolo e Gleissolo, em corte de estrada próximo a área do PNMCC.....	26
Imagem 3: Vista do Mirante da Cratera em Vargem Grande, onde é possível observar parte da planície central e anel colinoso.....	32
Imagem 4: <i>Sphagneticola trilobata</i> (Vedélia).....	41
Imagem 5: formação campestre do interior do PNMCC.....	41
Imagem 6: <i>Guerlinguetus ingrami</i> (caxinguelê) avistado dentro dos limites do PNMCC.....	42
Imagem 7: <i>Trogon surrucura</i> (surucuá-variado) avistado dentro dos limites do PNMCC.....	42
Imagem 8: Avenida Palmeiras, Vargem Grande, Parelheiros - SP.....	45
Imagem 9: Limites Sul da área urbana de Vargem Grande em 2015.....	63
Imagem 10: Limites Sul da área urbana de Vargem Grande em 2021.....	63
Imagem 11: Córrego aberto em área urbana - Vargem Grande.....	68
Imagem 12: Limpeza de córrego na planície central da Cratera de Colônia.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Legislação Municipal da região da Cratera de Colônia.....50

Tabela 2: Legislação Estadual da região da Cratera de Colônia.....51

Tabela 3: Legislação Federal da região da Cratera de Colônia.....52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfil geológico da cratera de Colônia.....	23
Figura 2: Modelo digital de elevação da estrutura da cratera de Colônia, onde o eixo A-B indica a posição do perfil mostrado na Figura 3.....	33
Figura 3: Perfil altitudinal da estrutura da cratera de Colônia.....	34
Figura 4: Imagem processada da banda termal do LANDSAT 7.....	39
Figura 5: Área urbana do bairro Vargem Grande - Parelheiros.....	43
Figura 6: Rede estrutural hídrica ambiental.....	46
Figura 7: Equipamentos existentes e uso do solo.....	47
Figura 8: Panfleto divulgando o andamento das obras de reurbanização de Vargem Grande.....	67

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização da cratera de Colônia.....	19
Mapa 2: Unidades litológicas e estruturas da Cratera de Colônia.....	21
Mapa 3: Mapa Hipsométrico altitudinal da porção sudeste do estado de São Paulo.....	30
Mapa 4: Bacias hidrográficas da região da cratera de Colônia.....	36
Mapa 5: Unidades climáticas naturais do município de São Paulo.....	38
Mapa 6: Situação Fundiária na Cratera de Colônia.....	50
Mapa 7: Uso e ocupação do solo em 2008.....	55
Mapa 8: Zoneamento Ambiental Interno PNMCC.....	58
Mapa 9: Limites da área urbana do bairro Vargem Grande - Parelheiros em 2004, 2017 e 2021, evidenciando a expansão.....	62
Mapa 10: Zoneamento incidente sobre a região da Cratera de Colônia e Vargem Grande.....	65
Mapa 11: Suscetibilidade a inundação na cratera de Colônia e Vargem Grande.	71
Mapa 12: Suscetibilidade a movimento de massa na cratera de Colônia.....	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Uso e ocupação do solo atual na APA Capivari-Monos55

Gráfico 2: Uso e ocupação do solo no PNMCC.....57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACHAVE	Associação Comunitária Habitacional Vargem Grande
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Proteção Permanente
APRM	Área de Proteção e Recuperação de Mananciais
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONDEPHAAT	Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico
CONPRESP	Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo
EID	Earth Impact Database
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
PESM	Parque Estadual Serra do Mar
PNMCC	Parque Natural Municipal da Cratera de Colônia
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEHAB	Secretaria Municipal de Habitação de São Paulo
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UBS	Unidade Básica de Saúde
UC	Unidade de Conservação
UNIFAG	União de Favelas do Grajaú
ZEIS	Zona Especial de Interesse Social

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	14
2. INTRODUÇÃO.....	15
3. ÁREA DE ESTUDO.....	18
3.1. Aspectos naturais.....	18
3.2. Expansão do urbano e formação do bairro Vargem Grande.....	42
3.3. Preservação ambiental e legislação.....	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS.....	78

1. APRESENTAÇÃO

Em 2019, enquanto cursava a disciplina de Geografia da Metrópole, tive a oportunidade de realizar um trabalho de campo na Cratera de Colônia que visava estudar o processo de ocupação da área e consolidação do bairro de Vargem Grande, em Parelheiros. O objetivo do trabalho de campo era compreender como a formação do bairro estava relacionada a operação urbana consorciada Águas Espraiadas, que por meio de obras de infraestrutura urbana realizou profundas alterações no traçado urbano dos bairros ao longo das marginais do rio Pinheiros na Zona Sul, incluindo a remoção de assentamentos irregulares. Isso fez com que muitas das famílias antes que ali viviam tivessem de procurar lugares cada vez mais distantes do centro para morar. Um desses destinos foi a área entre as represas Billings e Guarapiranga, na periferia sul da cidade de São Paulo, que além de se encontrar sob rigorosa legislação para proteção dos mananciais e remanescentes da Mata Atlântica, compreende também uma cratera de impacto tombada pelo patrimônio público. As complexidades deste processo despertaram grande curiosidade para além da questão social e urbana - foco da matéria - uma vez que a interferência antrópica no meio natural originam novos processos e características no relevo e modificam a paisagem.

O presente trabalho oferece uma revisão bibliográfica do tema a fim de caracterizar os aspectos naturais e ambientais da Cratera de Colônia, compreender os processos que deram origem a estrutura, e sua relação com a ocupação do local, visando compreender os impactos da interferência antrópica nos processos pedológicos, hidrológicos e geomorfológicos, além das ameaças à biodiversidade da região, a luz dos conceitos da geomorfologia antropogênica e geodiversidade.

2. INTRODUÇÃO

A formação do relevo terrestre se dá através do sistema geomorfológico proposto por Penck, em que as feições da paisagem são o produto da interação entre processos endógenos, frutos das dinâmicas internas do planeta, e exógenos, originados a partir da ação do intemperismo sobre a superfície (PENCK, 1953), que ocorrem concomitantemente, de forma que "o substrato geológico, ou arcabouço lito-estrutural, deforma-se devido a esse campo de tensões para produzir o relevo, condicionando o seu desenvolvimento" (SANTOS, 2013), processo ao qual se refere o termo "controle geológico" do relevo.

Dentro dessa definição de estruturas que compõem o relevo terrestre estão incluídas as feições circulares que podem se formar tanto por processos endógenos como vulcanismo e diapirismo, quanto por processos exógenos no caso de choques provocados pelo impacto de um corpo extraterrestre. Sendo estes últimos exemplos de eventos que ocorrem de forma abrupta mas modificações feitas na paisagem são persistentes, constituindo heranças na paisagem e "condicionando o desenvolvimento do relevo e da drenagem atuais devido às deformações produzidas nas rochas" (SANTOS, 2013).

O termo cratera de impacto diz respeito a "estruturas geológicas circulares formadas na superfície terrestre pelo impacto de bólidos celestes das mais variadas dimensões" (CRÓSTA, 1982). Nesse sentido, é possível dizer que as crateras de impacto constituem importantes condicionantes da paisagem. São caracterizadas primeiramente por sua forma circular, podendo ser esta complexa - composta por vários anéis - ou simples - na forma de um único anel (CRÓSTA, 1982), como é o caso de Colônia, evidenciada por uma cadeia de vales e cristas dispostos de forma radial e concêntrica em relação à ela (SANTOS, 2013), segundo pela ausência de processos endógenos que expliquem sua origem aliada a evidências do choque relacionadas a presença de materiais e estruturas estranhas ao sítio em que a cratera se encontra (RICCOMINI *et al.*, 1992), fatores que serão abordados mais adiante.

Ao ser primeiro identificada por meio de levantamentos aerofotogramétricos no anos 1960, a cratera de Colônia suscitou o surgimento de duas hipóteses a respeito de sua origem, uma delas relacionada ao diapirismo - com dissolução de calcário - e

a outra ligada ao impacto de um meteorito, sendo esta última melhor aceita (CRÓSTA, 1982). No entanto, sendo apenas anos depois possível a comprovação de sua origem, através do impacto de um bólido extraterrestre, que se deu por meio da constatação de metamorfismo de choque, quando um grupo de estudos da EACH composto por Velázquez *et al* (2014) constatou a presença de rochas com indício de fusão por impacto, além de deformação planar em cristais de quartzo, feldspato e mica e textura granular em zircônio.

Tal feito só foi possível graças ao avanço da tecnologia uma vez que essas estruturas estavam soterradas devido ao tempo entre a formação da cratera e sua descoberta além da ação da erosão que é intensificada pelo clima tropical da região (VELÁZQUEZ *et al*, 2013), resultando no aplainamento e menor profundidade, como melhor descrito por Santos (2013):

"Assumindo sua origem por impacto, os autores procuram justificar sua menor profundidade em função de parâmetros relacionados ao bólido – como composição, tamanho, velocidade e ângulo do impacto – ou, principalmente, da profundidade atingida pela erosão da estrutura, tendo em vista que a formação da cratera de Colônia ocorreu durante o soerguimento da escarpa da Serra do Mar."

o que torna possível se referir a cratera de Colônia também como um "astroblema" - do grego 'astro': corpo celeste, e 'blema': cicatriz (DIETZ, 1961).

Ao todo existem no mundo 190 crateras de impacto catalogadas pelo EID (2021), sendo seis delas no Brasil e apenas duas habitadas no mundo inteiro: Ries - na região da Bavária, na Alemanha - e Colônia, em São Paulo, sendo portanto a única habitada no Brasil, e consequentemente do Hemisfério Sul. Diferentemente de Ries, cujos primeiros registros da ocupação humana datam do Paleolítico, na cratera de Colônia ela se deu como produto de uma expansão urbana desordenada fruto do desenvolvimento do capitalismo tardio típico de países do Terceiro Mundo e intrinsecamente relacionado às consequências da industrialização que produzem o espaço urbano, como elucidado por Vidovic (2017):

"Vargem Grande é um bairro fruto da intensificação da urbanização periférica, que só pode ser entendido a partir da compreensão de seus momentos. Primeiro momento: a ocupação dos bairros centrais pela população empobrecida, após a saída dos habitantes com renda mais alta desses bairros. Burgos destaca que nesse momento essa população voltou a viver o centro. Segundo momento: o processo de gentrificação, a valorização e requalificação desses bairros que, ao mesmo tempo em que reforça a população empobrecida nos centros, intensifica o padrão periférico de crescimento urbano, levando a população da periferia para mais e mais distante"

Localizada a 35Km da Praça da Sé, a área onde se encontra a cratera era inicialmente zona rural constituída por chácaras doadas por D. Pedro I a colonos alemães que ali desenvolviam uma agricultura familiar, o que acabou por preservar boa parte da vegetação nativa, e assim permaneceu até meados dos anos 1970 quando o terreno foi subdividido e vendido. Entretanto, foi apenas ao final dos anos 1980 que os prejuízos ambientais se intensificaram com a abertura da rodovia sentido Parelheiros e a construção do complexo penitenciário em 1986-87, dando início às ocupações irregulares na porção norte e avança até o centro da cratera, onde os cerca de 5.580 lotes permaneceram sem acesso a rede de esgoto até recentemente (SANTOS, 2008).

A expansão urbana própria da RMSP configura intervenções nas condições naturais do ambiente, invariavelmente se concretizando através da retirada da cobertura vegetal nativa e alterações na rede hidrográfica e no equilíbrio das camadas superiores do solo e podendo chegar à rocha primária - em casos de grandes obras de infraestrutura urbana- alterando, nesses casos, a morfologia original do relevo, sendo portanto possível compreender a interferência antrópica nesses casos como ação geomorfológica: a chamada "antropogeomorfologia", que seria o produto da associação de padrões físicos de apropriação urbana sobre a morfologia original, resultando no surgimento de padrões morfológicos complexos (RODRIGUES, 2005).

Esta pesquisa tem por objetivo realizar um levantamento bibliográfico que elenque os principais fatores naturais e antrópicos que impactam na realidade da Cratera de Colônia e como estes se relacionam com o meio em um contexto amplo. Além de evidenciar as consequências da má gestão de políticas públicas de moradia e preservação da natureza pelo poder público no local, assim como seus efeitos. Por fim, este trabalho almeja apresentar uma perspectiva de geoconservação para essa área de importância ecológica, geomorfológica, pedológica e cultural e que sofre crescente pressão devido a expansão do urbano periférico.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Aspectos naturais

Localizada sob as coordenadas 23° 52' S e 46°42' 20" W, a cratera de Colônia está compreendida no setor meridional do Planalto Paulistano, próxima ao reverso da escarpa da Serra do Mar. Seu centro dista 35 km ao sul da Praça da Sé, 'marco zero' da capital do estado de São Paulo. Dividida entre os distritos de Parelheiros - cujo bairro Vargem Grande é o detentor da maior porção habitada da cratera - e Marsilac, onde se encontram as bacias hidrográficas dos rios Jurubatuba, Embu-guaçú e Capivari.

Com 3,6 km de diâmetro, a estrutura é circundada por uma cadeia de colinas, recoberta em sua maior parte pela Mata Atlântica, que se eleva a 755 metros acima do nível do mar e 125 metros acima da planície central pantanosa com preenchimento sedimentar de estimados 436 metros de profundidade (RICCOMINI, 2005), recoberta por uma vegetação rasteira sobre solo bastante saturado, como descrito por Fioravanti (2006):

"O centro da cratera é ocupado por um charco coberto por vegetação rasteira no qual nem os bois entram. [...] Também chamado de turfeira, é formado por uma camada que pode atingir 450 metros de espessura, com sedimentos lamacentos e negros que se depositaram lentamente entre as bordas da cratera desde o suposto impacto do corpo celeste."

Apresenta-se a seguir uma descrição dos aspectos naturais e sócio-espaciais da região da cratera de Colônia com o objetivo de melhor compreender a relação do homem com o meio e os impactos de sua intervenção no mesmo, a partir dos conceitos desenvolvidos, principalmente, por Santos (2010, 2013), Riccomini *et al* (1992, 2005, 2011) e Velázquez *et al* (2013, 2016, 2020).

O mapa a seguir pretende localizar a cratera de colônia em seu contexto regional, situando a feição em seu panorama urbano, rodoviário, hidrográfico e geomorfológico.

Japi, caracterizada pelo "nivelamento dos topos das serras quartzíticas a noroeste da Bacia de São Paulo e das cimeiras das regiões da Serra do Mar e da Mantiqueira", que durou até a chamada Epirogênese pós-Cretácia que, através de processos tectônicos, levou a ruptura do supercontinente e à consequente abertura do Oceano Atlântico Sul (SANTOS, 2013). Este processo possibilitou a formação de uma grande depressão tectônica de 1.000 km, se estendendo do Rio de Janeiro ao Paraná, que deu origem às bacias sedimentares de Volta Redonda, Resende, Taubaté e São Paulo, esta última abrangendo parte da região de Parelheiros (RICCOMINI *et al*, 1992).

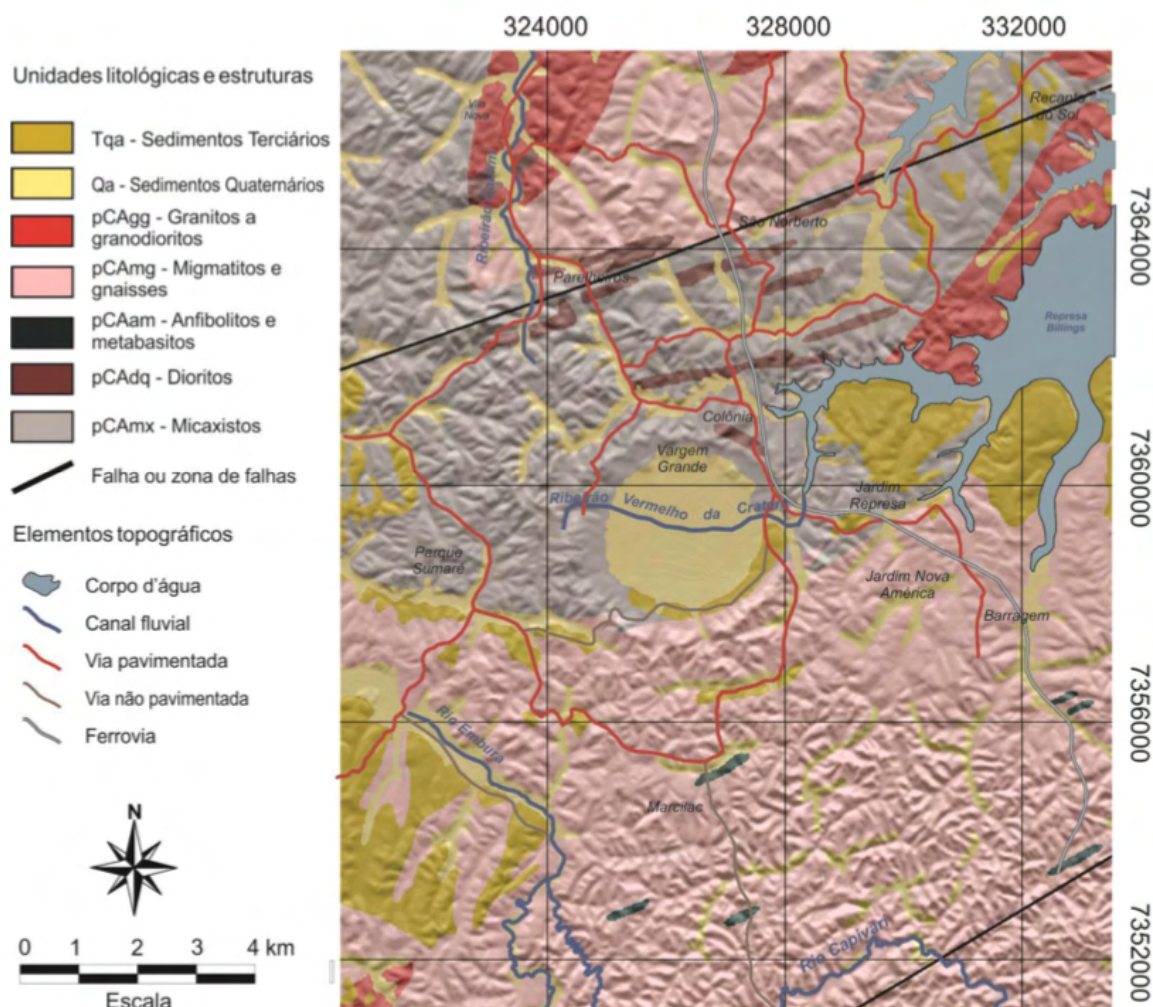
Na região da Bacia de São Paulo em que a cratera está inserida, predominam sedimentos da Formação Resende, em sua maioria, a nordeste e unidades isoladas no interior da feição, enquanto ao sul da cratera prevalecem gnaisses imbricados com sedimentos argilosos correlacionados (SANTOS, 2013). Nesta porção concentram-se as unidades geológicas - bastante heterogêneas - compostas por xistos, gnaisses e granitos, quartzitos, migmatitos e dioritos (VELÁZQUEZ *et al*, 2013) localmente recobertos por remanescentes terciários da Bacia Sedimentar de São Paulo, ao sul, que se apresentam na forma de gnaisses imbricados com sedimentos argilosos. Também podem ser observados depósitos coluviais e aluviais neogênicos e quaternários que se concentram principalmente no interior da estrutura (RICCOMINI *et al*, 2005), cuja distribuição espacial pode ser observada no mapa 2. Ainda sobre a formação Resende, Santos (2013) discorre:

"Formação Resende, de idade eocênica a oligocênica, unidade basal do Grupo Taubaté, compreende depósitos proximais em relação à borda norte da Bacia de São Paulo (sedimentos arenosos e cascalhosos de sistema de leques aluviais associados a planícies aluviais de rios entrelaçados) e distais (predominância de lamitos, podendo ocorrer lentes arenosas e conglomerados de sistema fluvial entrelaçado)."

O mapa 2 elucida a questão das unidades sedimentares, petrológicas e estrutural em um contexto hipsométrico, considerando também feições antrópicas e hidrológicas. Os Contexto geomorfológico, pedológico, sedimentológico são de grande relevância para o entendimento dos processos que ocorrem na área estudada. Os micaxistos localizados majoritariamente no anel colinoso concêntricos à estrutura propiciam solos suscetíveis a processos erosivos intensos, como eventos de movimentação de massa de alta magnitude e baixa frequência. Os sedimentos quaternários depositados após o impacto do corpo celeste também possuem

destaque no que tange a processos de alagamento ou enchente na planície de inundação

Mapa 2: Unidades litológicas e estruturas da Cratera de Colônia.



Fonte: Santos (2013)

Velázquez *et al* discorrem, em seu trabalho publicado em 2013, sobre as evidências de metamorfismo de choque encontradas na cratera que durante escavações realizadas para construção de poços artesianos em sua planície central, onde foi possível realizar a coleta de cerca de 500 g de material rochoso fraturado através das duas perfurações com profundidades de 142 e 197 m, respectivamente. As perfurações atravessaram variadas camadas de depósitos sedimentares até atingir o embasamento cristalino. Essas amostras revelaram um perfil geológico composto por ao menos quatro formações litológicas, como mostrado na figura 1: rochas do embasamento cristalino inalteradas pelo impacto do corpo celeste a 197 -

140 metros de profundidade, constituídas principalmente por micaxistos, gnaisses, quartzitos e granito; rochas fragmentadas similares às anteriores, encontradas imediatamente acima (140 - 110 m), porém que apresentam grandes deformações; depósitos de rochas movidas de seu lugar de origem, contendo fragmentos de rochas clásticas (dioritos) oriundas do embasamento cristalino e outras rochas sedimentares, ocupando o estrato de 110 - 40 metros de profundidade; e por fim, uma camada de sedimentos siliciclásticos com fragmentos de materiais orgânicos indo da superfície até 40 m de profundidade.

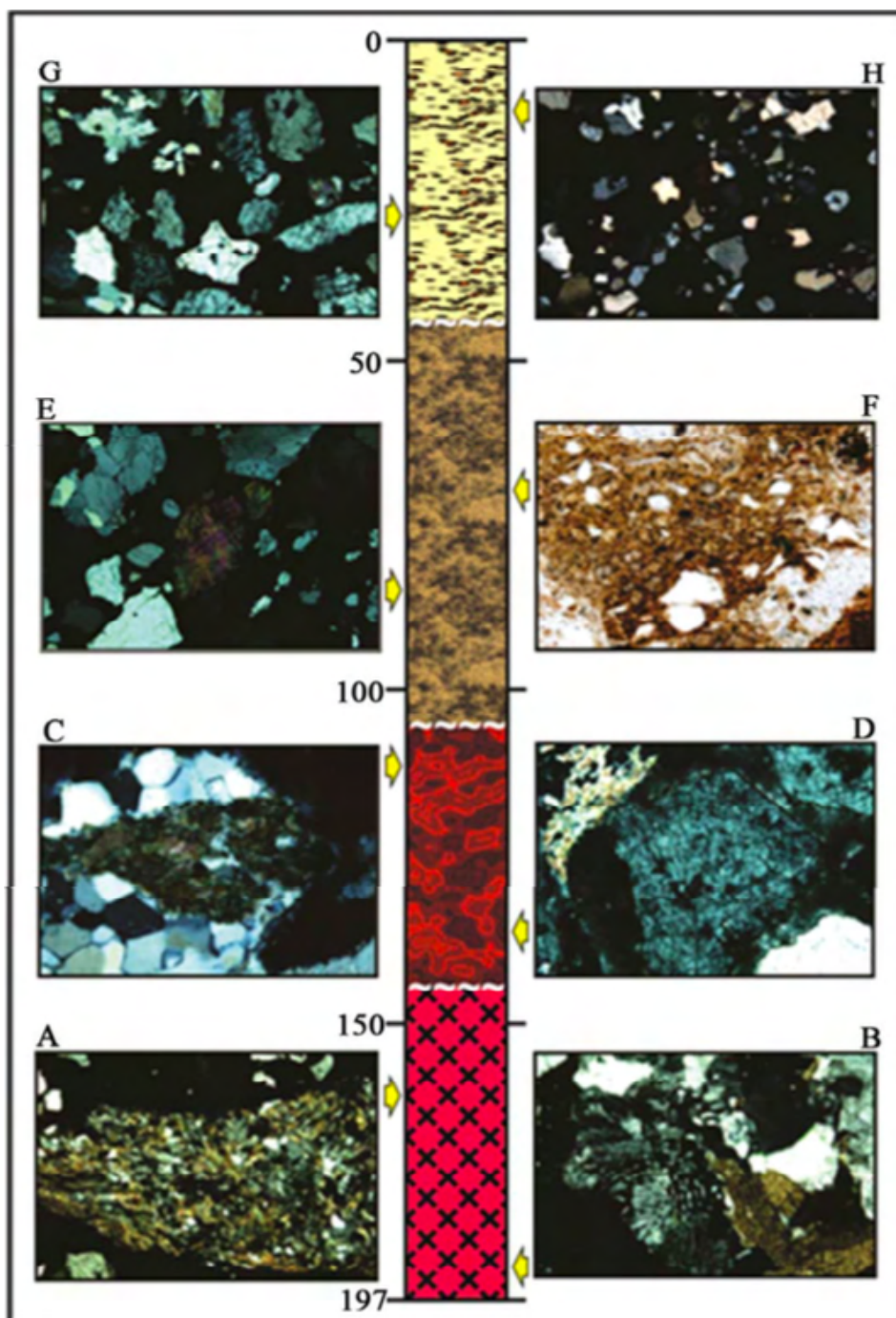
Outra sondagem realizada na porção sul da estrutura atravessou 270 m de sedimentos, atingindo o substrato pré-cambriano, indicou que os sedimentos presentes nos depósitos são "essencialmente pelíticos e ricos em matéria orgânica, com intercalações de lamas arenosas micáceas com grânulos e seixos" (RICCOMINI, 2005), sendo mais frequentes entre 100 e 200 metros de profundidade e predominantes nos 70 metros inferiores, onde essas intercalações são mais espessas. Como descrito por Riccomini (2005):

"A presença de grânulos e seixos de rochas do embasamento em matriz lamosa permitiu considerar a seção inferior como um pacote fanglomerático, proveniente das porções elevadas das bordas, provavelmente relacionado ao entulhamento inicial da cratera e não o embasamento cristalino."

A presença de tais materiais nessas determinadas condições, bem como a presença de indícios de fusão por impacto, deformação planar em cristais de quartzo, feldspato e mica, além de textura granular em zircônio e principalmente da presença de rochas chamadas de 'impactitos'¹ - de estrutura metamórfica orientada formados sob condições de temperatura e pressão elevadas proporcionadas pelo impacto de um bólido celeste -, evidenciam a formação da feição como produto do impacto de um corpo celeste, e apresentam uma organização determinada da assembléia mineralógica caracterizada pelo metamorfismo de impacto e estratigrafia (VELÁZQUEZ *et al*, 2013), podendo ser observados na figura 1.

¹ Tradução livre.

Figura 1: Perfil geológico da cratera de Colônia. (A e B) Micaxisto e granito do embasamento cristalino; (C e D) Quartzito, micaxisto e granito do embasamento rochoso fragmentado; (E e F) Rochas clásticas, 'impactitos' e conglomerados; (G e H) Mistura heterogênea de fragmentos rochosos e minerais clásticos, majoritariamente quartzo e feldspato provenientes de depósitos posteriores ao impacto. As marcações horizontais indicam a superfície de contato.



Fonte: Velázquez *et al* (2013)

Pedologia

Segundo o IBGE, na região onde se encontra a cratera de Colônia predominam os Latossolos e Argissolos. Os Latossolos predominantes são aqueles “com matriz 5YR ou mais vermelhos e mais amarelos que 2,5YR na maior parte dos primeiros 100 cm do Horizonte B” (Embrapa, 1999), grande profundidade, formados principalmente a partir de materiais derivados de granitos, gnaisses e xistos, com horizonte A moderado e B pouco desenvolvido, distróficos, de textura argilosa e bem drenados. Os Argissolos descritos na área pertencem à classificação Vermelho-Amarelos Distróficos com textura média/argilosa a argilosa. No caso dos de textura média/argilosa estão presentes horizontes bem definidos, com pouca profundidade e presença de cascalhos em superfície, sendo geralmente encontrados em maiores declividades. Já os Argissolos com textura argilosa apresentam maior disponibilidade de minerais no solo e maior profundidade, o que torna o desenvolvimento da agricultura favorável, fato que se relaciona ao histórico de agricultura familiar da região.

O Plano de Manejo da APA Capivari-Monos também inclui os Cambissolos Húmicos e Háplicos dentre os encontrados na área. Os Cambissolos Húmicos se encontram, em sua maioria, associados a Latossolos em áreas planas ou suavemente onduladas, com declividade de até 6%, onde se desenvolvem em camadas espessas, como é possível observar na imagem Y, e também a Argissolos, em áreas de maior declividade (20% a 30%) e vertentes convexas. Os Cambissolos Háplicos, por sua vez, estão associados às planícies fluviais da bacia do rio Capivari, e são caracterizados pela pouca profundidade, e portanto pouco desenvolvidos, com horizonte A moderado e B incipiente, e com baixa disponibilidade de nutrientes (distróficos), ocorrendo predominantemente em áreas de morros, montanhas, serras e encostas com declividades acima de 20%.

Imagem 1: Perfil de Cambissolo argiloso espesso e homogêneo em área próxima ao PNMCC.



Fonte: Plano de Manejo do PNMCC (2012).

Deste modo, pode-se inferir que o solo predominante no interior da cratera seja da ordem dos Latossolos, enquanto nas bordas da estrutura tenham se desenvolvido Cambissolos Háplicos e Argissolos.

Segundo o Plano de Manejo do Parque Natural Municipal da Cratera de Colônia (PNMCC), as áreas de várzea da planície de inundação, compreendida pelos limites do Parque, estão relacionadas ao desenvolvimento de Gleissolos. Os Gleissolos da região são caracterizados por sua constituição a partir de materiais minerais,

apresentando horizonte glei de até 150 cm de espessura - imediatamente abaixo de horizontes A e E -, ou horizonte hístico sem espessura suficiente para definir como Organossolos - devido a sua saturação periódica ou permanente por água, e portanto livre de oxigênio dissolvido (ambiente redutor). Ocorre também uma associação de Gleissolo Melânico Ta/Tb Distrófico típico de textura indiscriminada com Cambissolo Háplico Distrófico de textura média e argilosa, como mostra a imagem a seguir (ROSSI, 2017).

Imagem 2: Associação de Cambissolo e Gleissolo, em corte de estrada próximo a área do PNMCC.



Fonte: Plano de Manejo do PNMCC (2012).

A existência de um Gleissolo com tais características na depressão central da cratera está, provavelmente, associado à formação da turfeira, bem como à configuração da planície de inundação, que permite grande infiltração de água no solo e abundante matéria orgânica, substituindo o desenvolvimento de um Organossolo propriamente dito.

Turfeiras podem ser definidas como material vegetal parcialmente decomposto, misturado com quantidades variáveis de minerais, ou material inorgânico, formado em condições de saturação de água, através da decomposição de várias plantas e musgos, que, a depender das condições de temperatura e pressão exercida pelo soterramento por sedimentos clásticos, pode vir a se tornar carvão mineral.

A presença de turfeiras pode ser constatada em praticamente todos os domínios morfoclimáticos, estando frequentemente associada ao desenvolvimento dos Gleissolos, como dito anteriormente, e Organossolos, uma vez que, no caso deste, a pedogênese se dá através do processo de paludização - isto é, da drenagem parcial de áreas de depósito de matéria orgânica bruta e a posterior entrada de oxigênio no sistema, favorecendo o desenvolvimento de organismos aeróbios que decompõem a matéria orgânica. Assim, para que a turfeira se forme e perdure é necessário que ocorra o retardo do processo de pedogênese de modo que a ação microbiana seja paralisada e a quantidade de biomassa seja maior do que sua taxa de decomposição.

Para que essa paralisação possa ocorrer é necessária a redução da atividade respiratória dos micróbios aeróbios, como por exemplo a partir da baixa concentração de oxigênio, pH ácido, baixa temperatura, além da abundância de água, cujos altos volumes estão frequentemente associados a baixa disponibilidade de oxigênio, como mencionado anteriormente, nos ambientes formadores de turfas, por isso estas estão relacionadas a fatores hidrológicos (CARDONA, 2018).

A turfeira compreendida na cratera de Colônia, única no Hemisfério Sul com este tipo de preenchimento sedimentar, pode ser classificada de acordo com seu ambiente de formação, sendo este lacustre², constituindo depósitos com baixos teores de cinzas e enxofre, consistidas de remanescentes vegetais majoritariamente lenhosos e vinculam-se a cursos fluviais de baixo gradiente, variado grau de sinuosidade, e em planícies aluviais amplas, como é o caso da cratera (FRANCHI *et al*, 2006).

² "Embora mais raras, ocorrem turfeiras associadas também ao ambiente lacustre. Níveis planálticos, não diretamente vinculados à evolução de planícies aluviais, podem apresentar pequenos depósitos turfáceos associados a bacias lacustres, ricas em sedimentos biogênicos (espongilitos), como na porção oeste do Estado de São Paulo [...] Relativamente, ainda, a este ambiente, registra-se uma ocorrência singular em Colônia, Região Metropolitana de São Paulo, situada numa depressão circular de aproximadamente 1km, constituindo a fase final de preenchimento de uma cratera originada pelo provável impacto de um corpo meteorítico" (FRANCHI, 2006)

Ainda é possível classificá-la segundo seu caráter ecológico, que diz respeito à vegetação pela qual a turfeira é predominantemente constituída, no caso da cratera estando relacionada às gramíneas, ciperáceas e demais espécies encontradas em pântanos, cuja sobrevivência está associada a fatores hidrológicos responsáveis pelos dois principais ambientes formadores de turfas: ombrotrófico ou, como é no caso da cratera de Colônia, minetrófico, que são aqueles que recebem influxo de água, tanto superficial quanto subterrânea, enriquecidas por nutrientes minerais, que realizam a decomposição orgânica dos materiais. (FRANCHI *et al*, 2006).

Em relação à composição vegetal da turfeira, Ledru *et al* (2005) constata que houve uma baixa densidade de espécies arbóreas há 30.000 e 10.000 anos, devido a menores temperaturas e clima mais seco na região durante as últimas glaciações, assim é possível afirmar que é composta majoritariamente por vegetação rasteira.

Para além das classificações geológicas e ecológicas, Riccomini (2005) descreve as características visuais dos sedimentos argilosos e ricos em matéria orgânica que constituem a turfeira da cratera de Colônia como "de cor preta, localmente preta acinzentada ou preta esverdeada".

Geomorfologia

A área em que se localiza a Cratera de Colônia está compreendida no setor meridional do Planalto Paulistano, no reverso da escarpa da Serra do Mar. O primeiro detém a origem de seu relevo a partir de uma superfície de erosão cretácea, que abrange diversas partes do Planalto Atlântico, e se manifesta na região em cristas de mais alta elevação, que se degradaram para formar uma superfície neogênica restrita à região de São Paulo (AB'SABER, 1957).

Ab'Sáber (1957) descreve ainda uma "peneplanização local quaternária no reverso da Serra do Mar", onde está localizada a Cratera de Colônia. Na área, "haveria um relevo em estágio avançado de desenvolvimento em relação ao restante do planalto, com traços de "senilidade" (SANTOS, 2013), com rebaixamento extremo das plataformas interfluviais, dando origem a baixas colinas cristalinas e vales com planícies aluviais, evidenciando o estágio avançado da evolução da área.

Ainda a respeito do Planalto Paulistano, pode-se observar a predominância de formas de relevo denudacionais, compostas por colinas e morros de médias e altas altitudes (800 a 1.000m e declividades entre 10 e 20°) com topos convexos, que

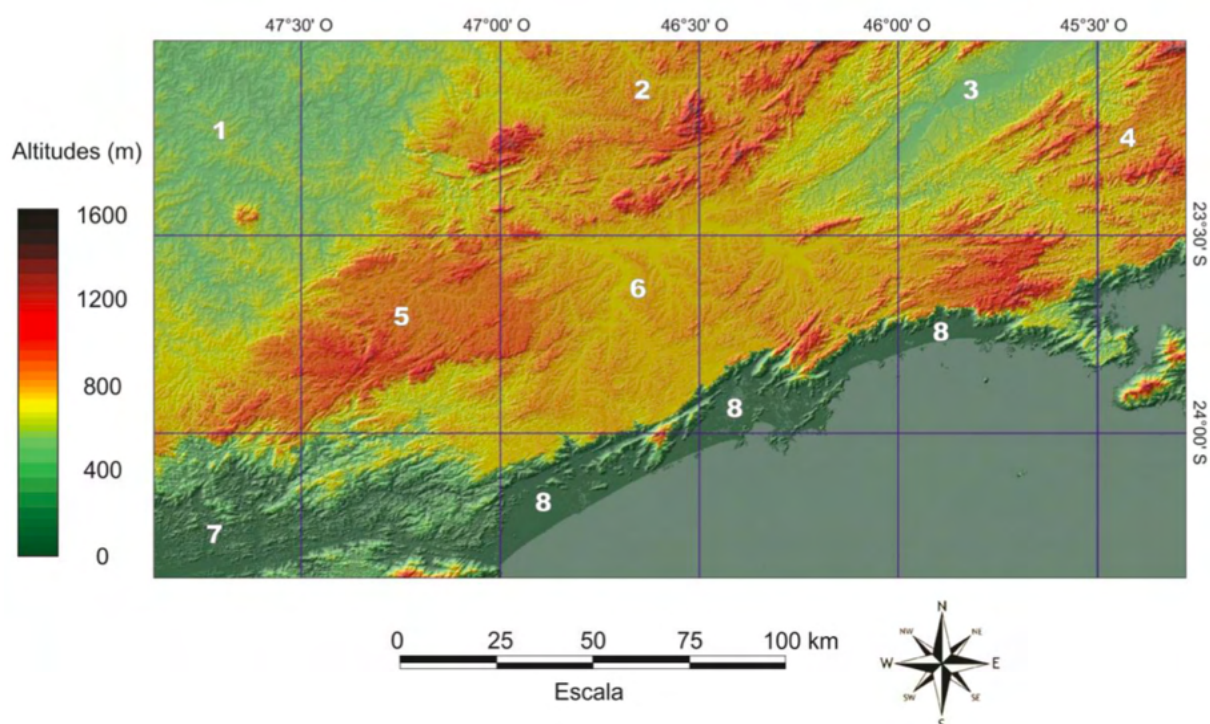
formam um conjunto altamente dissecado, com vales entalhados e média a alta densidade de drenagem. Há também uma evidente diferenciação morfológica entre as áreas cobertas por sedimentos terciários e aquelas cujo embasamento cristalino permanece exposto, já que nas primeiras desenvolvem-se colinas amplas e vertentes pouco inclinadas, com topos convexos e baixa densidade de drenagem, enquanto nas últimas ocorre a predominância de morros com picos acentuados e vertentes íngremes com alta densidade de drenagem, cuja dimensão interfluvial tende a diminuir no sentido de norte a sul (SANTOS, 2013).

Segundo Santos (2013), os compartimentos geomorfológicos da região são constituídos pela Depressão do Médio Tietê (1), o Planalto de Jundiaí (2), a Depressão do Médio Paraíba (3), o Planalto de Paraibuna (4), o Planalto de Ibiúna (5), o Planalto Paulistano (6), a Depressão do Médio Ribeira (7) e pelas Planícies Litorâneas (8), como é possível observar no Mapa 4.

A respeito da Serra do Mar, Santos (2013) define como sendo: "a mais destacada feição geomorfológica da borda atlântica do continente sul-americano". É constituída por um conjunto de escarpas que se estende por cerca de 1.000 km do estado do Rio de Janeiro até Santa Catarina, tendo sua origem provavelmente relacionada a movimentações tectônicas ocorridas a leste na Falha de Santos, com posterior recuo erosivo até a Falha de Cubatão, resultando na atual posição da escarpa na borda do Planalto Paulistano.

Por sua vez, a feição estudada localiza-se na área 6 do mapa a seguir, em que pode-se constatar a depressão relativa da área evidenciada pelas menores altitudes em seu contexto regional.

Mapa 3: Mapa Hipsométrico altitudinal da porção sudeste do estado de São Paulo



Fonte: Santos (2013)

É pertinente também abordar brevemente nesta seção os aspectos morfológicos da estrutura da cratera de Colônia especificamente que, segundo Santos (2013), pode ser dividida em dois compartimentos: "a Depressão Central, plana e esculpida em sedimentos quaternários, e o Anel Colinoso, dissecado e esculpido em rochas cristalinas do embasamento pré-cambriano e em unidades sedimentares terciárias isoladas".

O primeiro possui formato praticamente elíptico, com alongamento na direção leste-nordeste, cujo contato com o anel colinoso com cerca de 9 km de diâmetro, que a cerca se dá de forma irregular, com presença de entalhamentos produzidos pelos canais fluviais e pequenos lobos gerados devido ao movimento de massa das paredes internas do anel. Constitui-se de terrenos planos com preenchimento sedimentar lacustre e níveis altimétricos de 750 a 755 m que aumentam gradativamente até 765 m no contato com o anel colinoso, e declividades em sua maioria inferiores a 10%, além de ser atravessado pelo ribeirão Vermelho, com presença de rebaixados terraços fluviais (SANTOS, 2013).

Já o segundo compartimento, composto pelo anel colinoso, é caracterizado por

colinas alongadas com topos convexos dispostas elipticamente de forma concêntrica à depressão central, com declividades de 25 a 35% - sendo estas maiores na parte externa, como é esperado para crateras formadas por impacto - com altitudes de 790 e 815 m, a norte; a oeste, de 825 a 850 m; a sul, de 835 a 860 m; a leste, de 780 a 840 m, assimetria altimétrica que está de acordo com a assimetria altimétrica dos terrenos adjacentes. Sua composição litológica é essencialmente do embasamento pré-cambriano com presença de micaxistos em praticamente toda a extensão do anel (SANTOS, 2013).

A formação de tais compartimentos está diretamente relacionada ao processo de "craterização", termo que é utilizado para explicar os processos envolvidos na formação das feições estruturais de uma cratera de impacto. O processo de craterização começa quando o bólido atinge a superfície, penetrando a uma profundidade de no máximo o dobro de seu tamanho, e dando início ao estágio de contato e compressão, que dura de alguns décimos de segundo até sua total destruição, uma vez que a maior parte de sua energia cinética é transferida para o alvo - provocando compressão, aquecimento e aceleração dos constituintes deste - e ocorre a desaceleração do projétil (SANTOS, 2013).

O estágio seguinte deste processo é o de escavação, em que se sucedem dois eventos principais: a expansão das ondas de choque e o fluxo de escavação. As ondas de choque propagam-se igualmente em todas as direções, formando um padrão radial, enfraquecendo-se à medida que se expandem, provocando a fragmentação dos constituintes rochosos. Enquanto o fluxo de escavação acontece através da translocação, que consiste na "propagação subsônica do alívio de pressão inicialmente dada pelo choque, e responsabiliza-se pela efetiva abertura da cratera", processo que permite que a cratera possa ter dimensões muito maiores do que o bólido impactante (SANTOS, 2013).

Dentre os dois tipos morfológicos básicos de cratera, é possível afirmar que a Cratera de Colônia exhibe morfologia simples, composta por uma depressão central única e uma crista anelar circundante, em oposição àquelas classificadas como complexas, que apresentam picos ou anéis centrais e blocos basculados concêntricos. As crateras de impacto simples apresentam perfil aproximadamente parabólico com preenchimento de até 40% de seu volume por materiais fragmentados no processo de "craterização". O fator determinante para a morfologia

da cratera ser caracterizada como simples ou complexa parece estar associada às propriedades físicas da estratificação do alvo em locais onde há a sobreposição de camadas menos resistentes a camadas mais resistentes, como por exemplo no caso da sobreposição de areias e argilas em embasamento cristalino (SANTOS, 2013).

Desta forma, pode-se dizer que os anéis soerguidos constituem unidades degradacionais, ao mesmo tempo que a depressão central constitui unidade agradacional do relevo (SANTOS, 2013). Assim, desconsiderando processos endogenéticos, a tendência a longo prazo é de nivelamento da estrutura, permanecendo apenas sua assinatura geofísica e a deformação das rochas por impacto.

Imagem 3: Vista do Mirante da Cratera em Vargem Grande, onde é possível observar parte da planície central e anel colinoso.

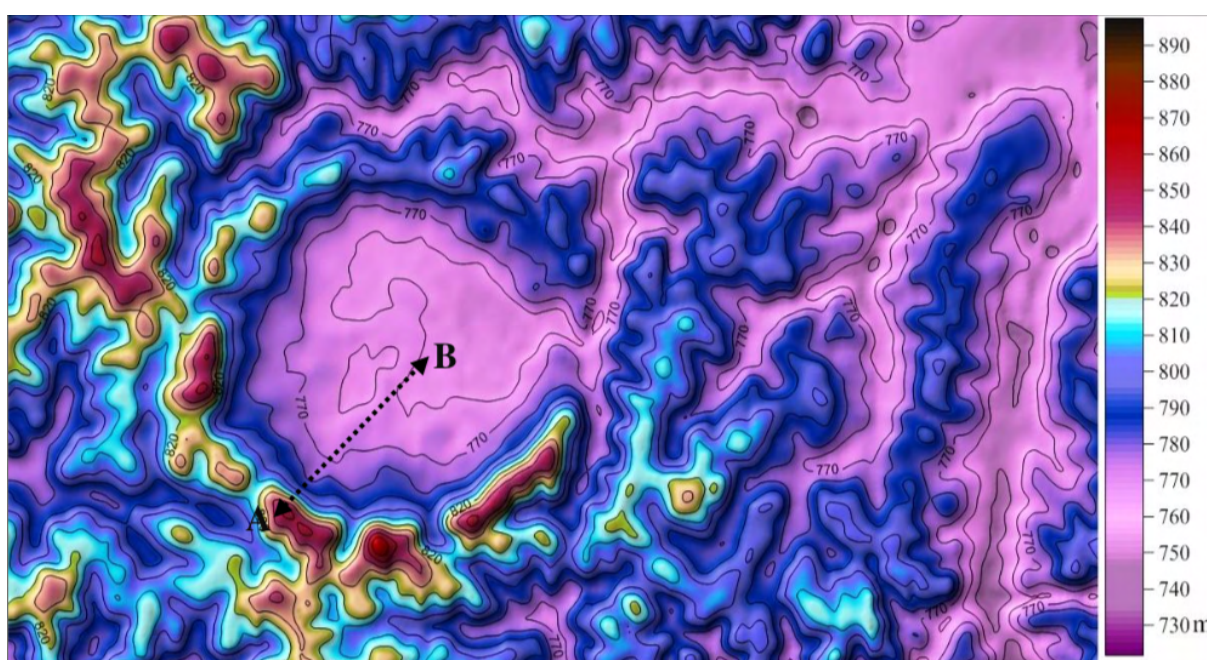


Fonte: Autora, 2019

Observa-se ainda uma maior altitude dos terrenos a oeste que a leste, diferença altimétrica que também é observada em sua crista, mais elevada e oeste que a

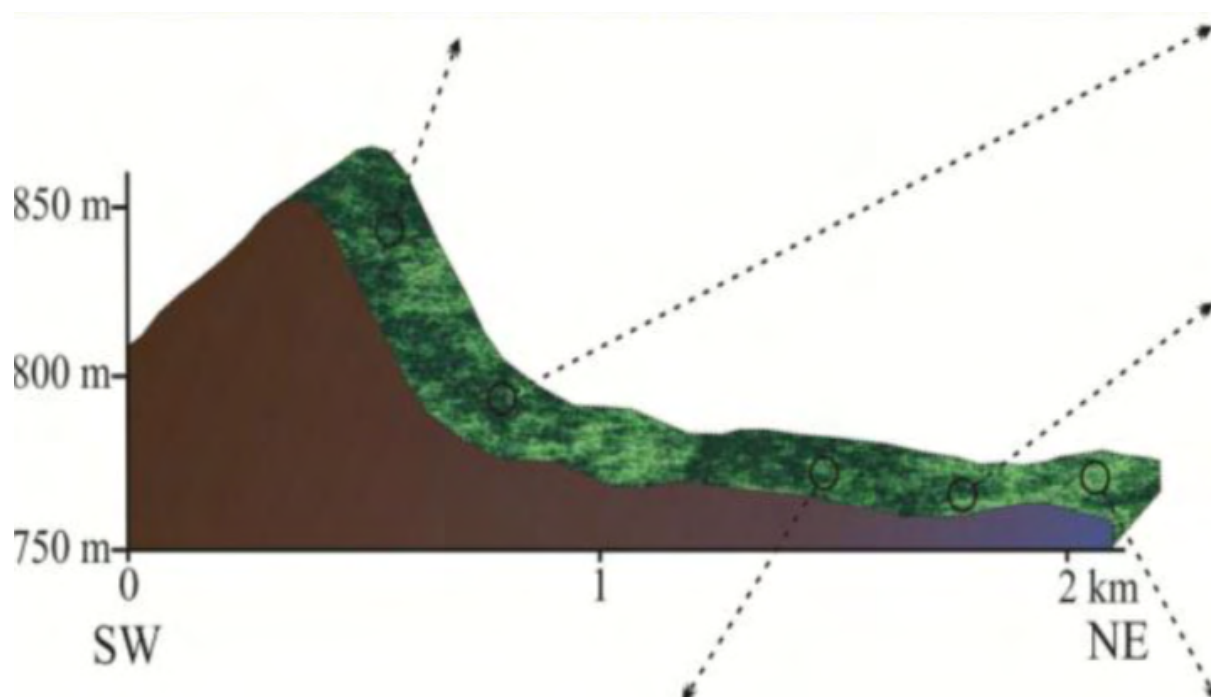
leste, onde, nas figuras 2 e 3, os terrenos de inundação indicados pela cor violeta representam o fundo da cratera enquanto os tons de vermelho cobrem os interflúvios das encostas, assim pode-se inferir também sobre a ocorrência de movimentos de massa, tendo em vista a morfologia do perfil e sua relação com eventos extremos de infiltração de água no solo. Esta assimetria estaria relacionada à tectônica e à erosão pós-impacto, tendo em vista o padrão de desnível que se mantém na região, e não necessariamente à direção do trajeto do bólido em si (SANTOS, 2010).

Figura 2: Modelo digital de elevação da estrutura da cratera de Colônia, onde o eixo A-B indica a posição do perfil mostrado na Figura 3.



Fonte: Dados SRTM. Elaborado por Velázquez *et al* (2016)

Figura 3: Perfil topográfico altitudinal da estrutura da cratera de Colônia. As setas indicam o sentido da concavidade das vertentes internas da estrutura.



Fonte: Velázquez *et al* (2016)

Hidrografia

A hidrografia no setor meridional do Planalto Paulistano se divide em duas grandes redes diferentes: uma mais extensa, que se dirige para o interior seguindo pelo Rio Paraná e encontra o Oceano Atlântico após 3.000 km de percurso, e outra compreendida por bacias hidrográficas menores que se dirigem direto para o litoral, atravessando a escarpa da Serra do Mar (SANTOS, 2013).

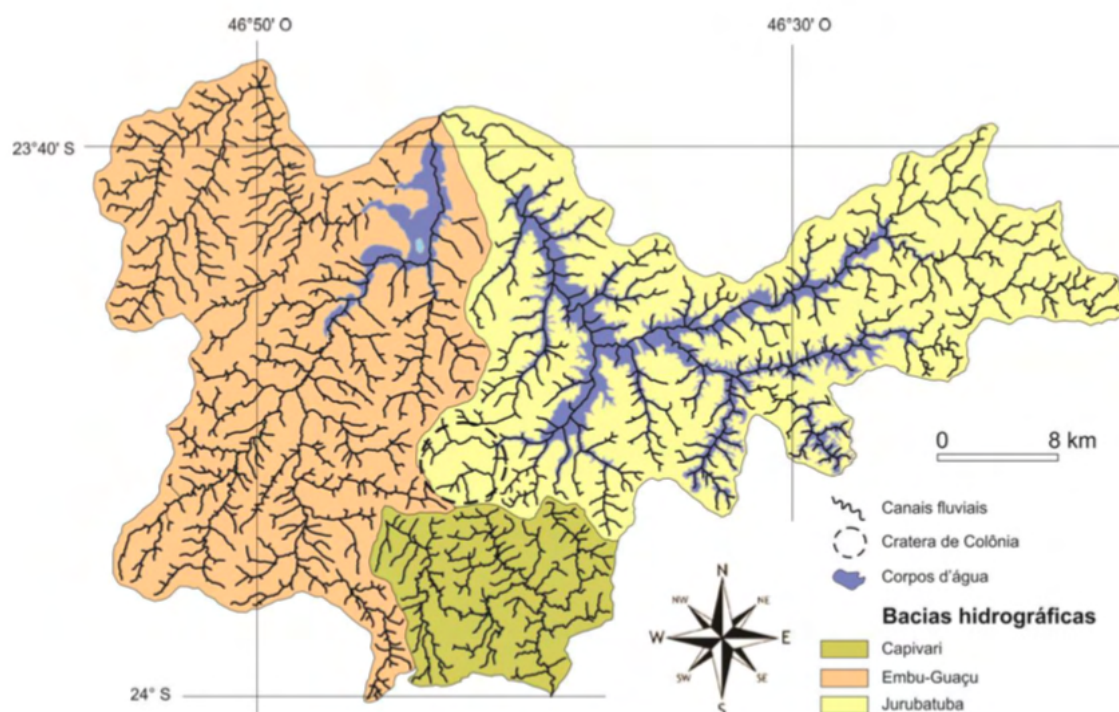
A Cratera de Colônia está localizada nas intermediações de três bacias hidrográficas que drenam sua superfície: Jurubatuba, Embu-guaçú e Capivari. A primeira é a mais extensa das três, exibindo padrão dendrítico-retangular, com ramificações menores sem direção preferencial, seus rios Grande e Pequeno acompanham a direção da drenagem da região e dirigem-se para o Rio Pinheiros, estando também situada sobre gnaisses e micaxistos. A bacia do rio Embu-guaçú, assim como a primeira, também apresenta padrão de drenagem semelhante e dirige-se ao Rio Pinheiros e possui a segunda maior área entre as três, possuindo grande diversidade litológica com presença de rochas metamórficas e coberturas sedimentares terciárias e quaternárias. Por fim, a bacia do rio Capivari, sendo a

menor em área dentre as três, possui um padrão de drenagem com padrão dendrítico-retangular, forte controle estrutural e diversos trechos retilíneos de alta ramificação, sendo bastante influenciada pela estrutura geológica composta por gnaisses migmatizados com fraturas e foliações. Apesar de sua menor extensão, a bacia do Capivari, possui a maior densidade de drenagem, devido aos altos índices pluviométricos anuais - associados a sua proximidade com a Serra do Mar - e sua densa rede de fraturas do embasamento cristalino (AB'SÁBER, 1957).

O padrão de drenagem no interior da cratera de Colônia se apresenta de forma radial centrípeta, com maioria dos canais convergindo para seu centro e seguindo para leste, onde ocorre também a baixa densidade de canais. Formada pelo ribeirão Vermelho e seus tributários, a bacia de quarta ordem, compreendida no centro da cratera, apresenta longos canais de primeira ordem que fluem entre as vertentes do anel colinoso, resultando na dissecação da estrutura e rebaixamento da crista anelar de até 50 m ao sul, 70 m a oeste e 30 m a norte, sendo que a leste o entalhamento atingiu o nível da Depressão central (SANTOS, 2013).

O mapa 5 apresenta a relação hidrográfica-geomorfologia da área estudada, sendo possível observar a convergência dos canais ao centro da cratera, evidenciando anomalias de drenagem na depressão central da estrutura em relação às áreas adjacentes.

Mapa 4: Bacias hidrográficas da região da cratera de Colônia: Capivari, Embu-Guaçu e Jurubatuba.



Fonte: Santos (2013)

Os trabalhos desenvolvidos por Santos (2010, 2012, 2013) apontam anomalias de drenagem envolvendo a mudança de curso do rio Capivari sentido litoral, que, apesar de à primeira vista parecer terem sido originadas pelo impacto do corpo celeste, tal hipótese não se sustenta uma vez que seria necessário admitir a existência de um rio Capivari pré-impacto. Portanto essas anomalias de drenagem estão, na verdade, relacionadas a uma captura fluvial que se relaciona com o alto grau de instabilidade da bacia do rio Capivari, devido a distribuição de minerais com elevadas proporções de muscovita e biotita, que apresentam alta instabilidade quando submetidos a domínios tropicais úmidos. Tal teoria está de acordo com o padrão de fortes incisões fluviais e reordenações de drenagem que ocorrem na região (SANTOS, 2010).

Clima

A região em que se localiza a Cratera de Colônia é compreendida por duas unidades climáticas: o Clima Tropical Sub-oceânico Super-úmido do Reverso do

Planalto Atlântico, a Norte, e o Clima Tropical Oceânico Super-úmido da Fachada Oriental do Planalto Atlântico, a Sul (Mapa 6). A primeira apresenta temperaturas médias anuais máximas entre 24,9°C e 25,2°C e mínimas entre 15,3°C e 15,8°C e índices pluviométricos entre 1.400 mm e 1.800 mm por ano. Já a segunda apresenta temperaturas médias anuais máximas entre 24,9°C e 28°C e mínimas entre 15,3°C e 18°C, com totais pluviométricos entre 1.600 e 2.210 mm anuais (TARIFA & ARMANI, 2000).

É importante ressaltar também a influência do relevo na circulação atmosférica da área, uma vez que a presença de barreiras orográficas - como por exemplo a Serra do Mar, área de conflito entre massas de ar quente e fria cuja inversão de sistemas cria condições para formação de trombas d'água - interferem na movimentação da brisa marítima, produzindo distúrbios na circulação do ar e aumentando a pluviosidade, tornando a região uma das áreas com maior pluviosidade do país (SANTOS, 2013).

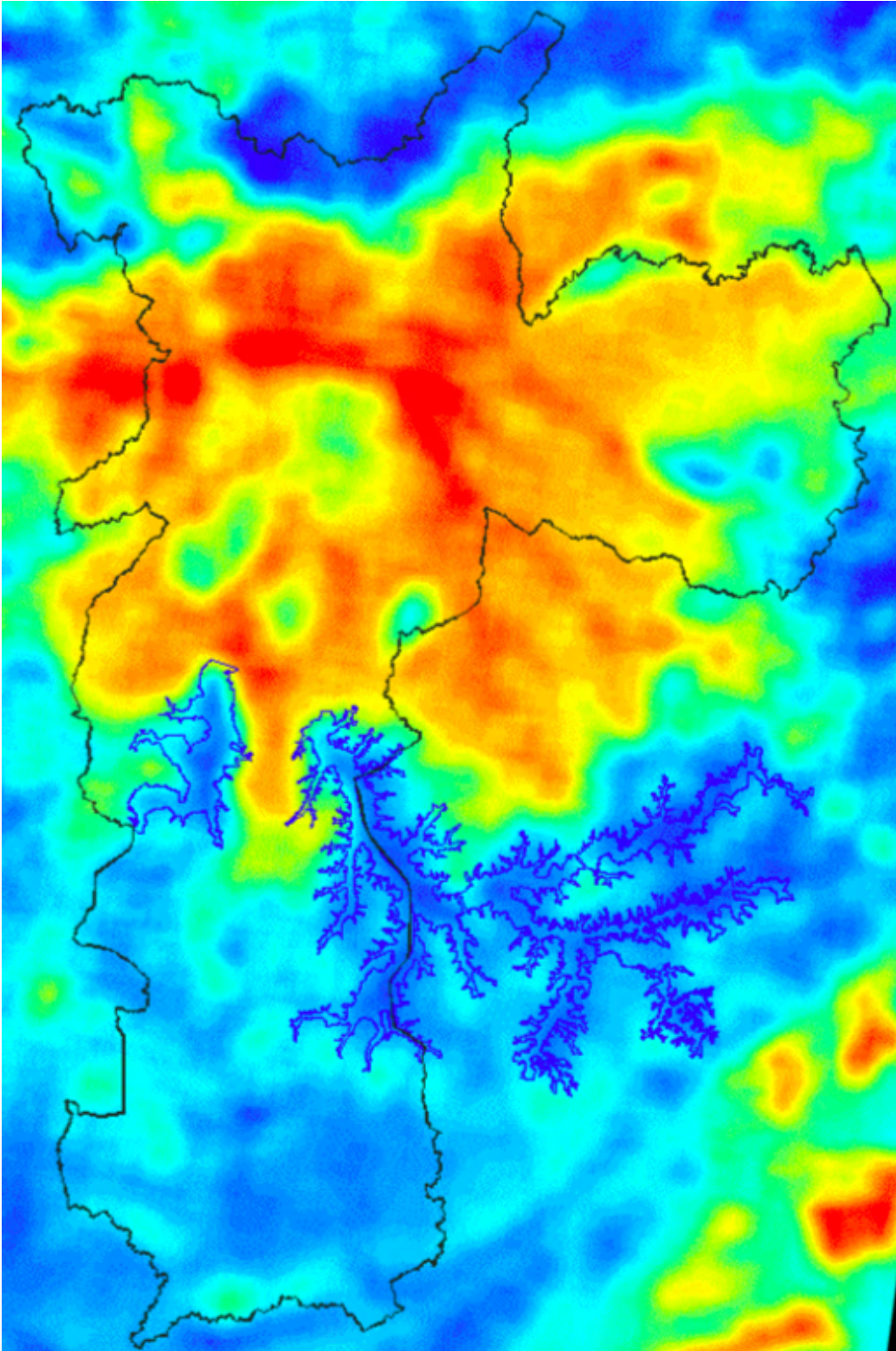
A baixa densidade urbana na área permite que o clima se manifeste de forma praticamente natural. As diferenças térmicas estimadas utilizando as bandas termais do satélite LANSAT 7, evidenciam as diferenças de temperatura entre a porção do município mais densamente urbanizada e a de baixa ocupação, onde predominam formações florestais e áreas rurais, como pode ser observado na Figura 4. As unidades de classificação climatológica são cruciais para entender a situação contextual em que se encontra a cratera, especialmente ao se pensar a relação dos eventos climáticos e de tempo com suas concretas relações no que tange a evolução morfológica da própria estrutura e relevo da área.

Mapa 5: Unidades climáticas naturais do município de São Paulo.



Fonte: Santos (2013)

Figura 4: Imagem processada da banda termal do LANDSAT 7. As temperaturas mais baixas nas áreas distantes do centro evidenciam os impactos da concentração urbana



Fonte: Tarifa & Armani (2000)

Fauna e Flora

A APA Capivari-Monos, que compreende a Cratera de Colônia, está localizada no domínio da Mata Atlântica, uma das regiões mais biologicamente diversas e ameaçadas do planeta, e que, ao mesmo tempo, comporta 70% da população brasileira e a maior cidade do país. O estado de São Paulo possuía originalmente cerca de 80% de seu território coberto por vegetação nativa, que ao passar do anos foi reduzida a menos de 8% de sua cobertura original, constituídos em sua maioria por fragmentos, "levando a biodiversidade ao isolamento de populações e ao empobrecimento genético, facilitando o estabelecimento de espécies exóticas e invasoras nos remanescentes florestais, favorecidas pelo crescente efeito de borda sobre os mesmos".

A Cratera de Colônia, mais especificamente, enquadra-se no Domínio Fitogeográfico da Mata Atlântica, cujas características ombrotérmicas deste tipo de vegetação estão associadas a fatores climáticos tropicais com elevadas temperaturas e alta pluviosidade durante todo o ano. A respeito de sua fitofisionomia, é caracterizada pela presença de cobertura florestal multiestratificada composta majoritariamente por árvores altas, de copagem sempre-verde, com dossel de até 15m e árvores emergentes de até 40m de altura, além de lianas lenhosas e abundância de epífitas.

A estrutura da cratera compreende uma vegetação majoritariamente secundária em diferentes estágios sucessionais, que se expressa principalmente na forma de campos úmidos (Imagem 5), capoeiras e matas. Predominam em seu interior os Campos Brejosos, localizados na depressão central da Cratera, sobre a extensa planície aluvial associada ao ribeirão Vermelho; Mata de Brejo caracterizada pela vegetação sujeita ao encharcamento do solo no período chuvoso, uma vez que também ocorre na planície central; Mata de Turfeira, relacionada ao Gleissolo encontrado no local, também sujeita a condição de charco, servindo como transição entre a Mata de Brejo e a Mata de Encosta; e Mata de Encosta, condicionada às vertentes do anel colinoso, predominante na porção sul-sudeste da cratera onde se encontram os fragmentos em estágios mais avançados de regeneração e maior conectividade.

A cobertura vegetal no PNMCC compreende uma flora composta por cerca de 138 espécies, pertencentes a 93 gêneros e 48 famílias diferentes. Podem ser

encontradas 5 espécies de pteridófitas, uma de gimnosperma e 136 de angiospermas, com presença de *Tabebuia umbellata* (ipê-amarelo-do-brejo), *Critoniopsis quinqueflora* (assa-peixe), *Daphnopsis fasciculata* (embira-branca), *Matayba aff. elaeagnoides* (cuvantã), *Myrcia tomentosa* (goiaba-brava) e *Psidium cattleianum* (araçá), concentradas em sua maioria no estrato intermediário. Além de indivíduos emergentes das espécies *Alchornea sidifolia* (tanheiro), *Miconia cabussu* (fruto-de-mico), *Sphagneticola trilobata* (Vedélia) - registrada na Imagem 4 - e *Tibouchina mutabilis* (flor-de-quaresma) (MARÇON, 2009).

Imagens 4 e 5: *Sphagneticola trilobata* (Vedélia) e formação campestre do interior do PNMCC, respectivamente.



Fonte: Plano de Manejo do PNMCC, 2012.

Os estudos desenvolvidos por Ledru *et al* (2005) e Riccomini *et al.* (2009) apontam uma alternância entre períodos mais secos com temperaturas amenas e períodos úmidos, que favoreceram o desenvolvimento de uma formação campestre e decréscimo de espécies arbóreas, e incremento de elementos de floresta, respectivamente.

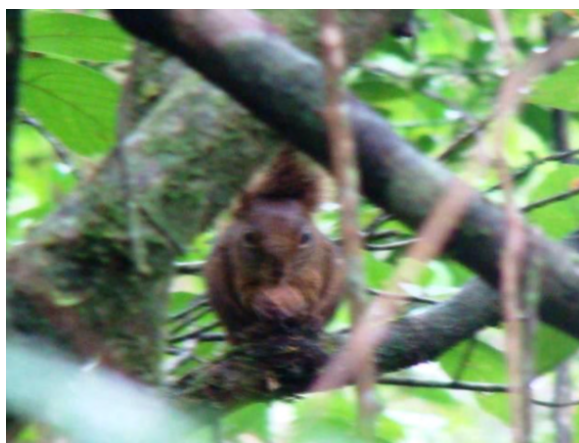
A região em que se insere a APA Capivari-Monos, e mais especificamente o PNMCC, possui grande relevância ao que diz respeito à conservação da fauna nativa, uma vez que a preservação dos fragmentos assegura conectividade com o maior remanescente de Mata Atlântica do país, o PESM. Algumas das principais espécies animais nativas que compõem a fauna da região e se utilizam dessas *stepping stones*³ podem ser divididas em:

³ Ilhas de vegetação inseridas em matriz antrópica que servem como "trampolins ecológicos", facilitando o deslocamento das espécies.

- 1) Mamíferos: *Cavia fulgida* (preá), *Guerlinguetus ingrami* (caxinguelê) (Imagem 6), *Mazama gouazoubira* (veado- catingueiro)
- 2) Aves: *Spizaetus tyrannus* (gavião-pega-macaco), *Procnias nudicollis* (araponga), *Trogon surrucura* (surucuá-variado) (Imagem 7), *Orchesticus abeillei* (sanhaçu-pardo), *Odontophorus capueira* (uru)*, *Brotogeris tirica* (periquito-rico)*, *Ramphastos dicolorus* (tucano-de-bico-verde)*
- 3) Répteis: *Bothrops jararaca* (jararaca)
- 4) Anfíbios: *Rhinella icterica* (sapo-cururu), *Haddadus binotatus* (rã-do-folhiço)*, *Scinax perpusillus* (pererequinha-de-bromélia)*

A presença de espécies endêmicas e espécies ameaçadas torna a preservação de remanescentes de vegetação nativa ainda mais necessária, uma vez que sofrem pressões constantes do desmatamento causado pela expansão da mancha urbana.

Imagens 6 e 7: *Guerlinguetus ingrami* (caxinguelê) e *Trogon surrucura* (surucuá-variado), respectivamente, avistados dentro dos limites do PNMCC



Fonte: Plano de Manejo do PNMCC, 2012.

3.2. Expansão urbana e formação do bairro Vargem Grande

O bairro Vargem Grande, está localizado no distrito de Parelheiros, na zona sul da capital paulista, e dista 40 km da Praça da Sé, sendo um dos diversos bairros que compõem a periferia industrial urbana da cidade de São Paulo (VOIVODIC, 2017). Nesta seção, à luz dos trabalhos desenvolvidos por Voivodic (2017), Fix (2001), Lefebvre (2001) e Carlos (2012), será abordada a origem do processo de urbanização da cratera, a constituição do principal adensamento - Vargem Grande -

* Espécies endêmicas da região.

e sua relação com os processos de industrialização.

A ocupação na cratera remete ao período Imperial, quando D. Pedro I concedeu a área a imigrantes alemães que ali desenvolviam agricultura familiar, os chamados 'colonos' (daí a origem do nome "Colônia"), que ainda vivem em sítios na porção sul da cratera (VOIVODIC, 2017). O nome dado à feição na época de seu descobrimento remete ao bairro de Colônia, até então o adensamento próximo mais expressivo. Atualmente, no entanto, outras ocupações surgiram ao redor da cratera e a maior área urbana pertence ao bairro Vargem Grande.

Figura 5: Área urbana do bairro Vargem Grande - Parelheiros, principal adensamento da região. A linha vermelha que cobre o perímetro urbano do bairro destaca-o frente a estrutura da cratera



Fonte: Google Earth, 2021. Modificado pela autora.

Comprada e loteada em 1973 pela Sociedade Brasileira de Melhoramentos Ltda, a área, localizada a noroeste na estrutura da cratera, hoje corresponde ao bairro Vargem Grande. Seu adensamento, no entanto, teve início no final dos anos 1980, mais especificamente 1988 e 1989, quando o loteamento da área foi organizado pela UNIFAG. Neste mesmo período foi implementada a operação urbana consorciada Águas Espraiadas, que tinha como uma das etapas a desapropriação de favelas localizadas no entorno da Avenida Água Espraiada, na Zona Oeste da cidade, com o objetivo de dar lugar a empreendimentos de alto padrão, promovendo uma valorização da área, o que tornou impossível a permanência no local para as mais de 50.000 pessoas que ali moravam (FIX, 2001).

As alterações provocadas pela operação urbana estão diretamente relacionadas à formação de Vargem Grande, uma vez que muitas das famílias que moravam nas regiões compreendidas pela operação, viram-se obrigadas a buscar moradia nas zonas mais distantes do centro e se estabeleceram no bairro, onde o preço da terra era menor. Este processo pode ser entendido a partir dos conceitos da urbanização crítica.

Carlos (2012) afirma que "a cidade é meio, condição e produto do modo de produção capitalista, nesse sentido, para ela ser predominantemente o lugar do concreto, do artificial, do construído, é estabelecida uma relação particular com a natureza". Neste sentido, é possível dizer que o modo de produção capitalista do século XX se expressa principalmente pelo meio da industrialização, que na cidade de São Paulo foi elemento catalisador da urbanização, uma vez que "a indústria faz da cidade um grande polo de investimento e destino da força de trabalho" (LEFEBVRE, 2001).

No entanto, a urbanização é também expressão da desigualdade social e contradições no desenvolvimento capitalista, e produz o espaço de forma desigual, de forma que ao mesmo tempo em que ocorre aumento da densidade demográfica nas cidades, ocorre também a expansão de suas periferias, que se dá através do surgimento de loteamentos irregulares - como é no caso de Vargem Grande - que evidenciam o processo de precarização da vida dos trabalhadores, e que têm seu ápice durante a década de 1980 devido à crise econômica (VOIVODIC, 2017).

O loteamento realizado pela UNIFAG, juntamente a pedidos de regularização fundiária feitos a SEHAB que ocorrem desde 1991, previa, de acordo com o

zoneamento, o uso "residencial, exclusivamente para habitação unifamiliar de recreio e em lotes de, no mínimo, 20 mil metros quadrados" (VOIVODIC, 2017), que seriam divididos em 141 lotes caso a área fosse toda ocupada⁴. Atualmente o bairro é dividido em 5.585 lotes, sendo sua área total aproximada 1.948.370 m², com 64% desta comprometida com os lotes, 24,5% correspondente à estrutura viária e 14,5% à área verde.

Apesar da regularização fundiária ainda por se concretizar, segundo a ACHAVE, o bairro conquistou, em 1992, a rede elétrica; em 1995, a coleta de lixo; em 2000, 50 km de rede de água; em 2007, 50 km de rede de esgoto, e em 2009, a pavimentação de maior parte da área. O bairro, hoje em dia composto por cerca de 50.000 pessoas, conta também com a perfuração de 5 poços artesianos, duas Escolas Estaduais, uma escola municipal de ensino fundamental, uma UBS, uma biblioteca comunitária, além de projetos sociais desenvolvidos na área, como mostra a figura 7. Atualmente um terreno de 270 m², que invariavelmente comporta uma autoconstrução, em Vargem Grande, custa em média 75.000 reais, preço que varia de acordo com a proximidade à avenida principal (Imagem 8), que hoje abriga diversos estabelecimentos comerciais e serviços, e ponto de ônibus.

Imagem 8: Avenida Palmeiras, Vargem Grande, Parelheiros - SP.



Fonte: Voivodic (2017)

⁴ Documentos emitidos pelo Estado falam em até 829 lotes de 500 m² cada.

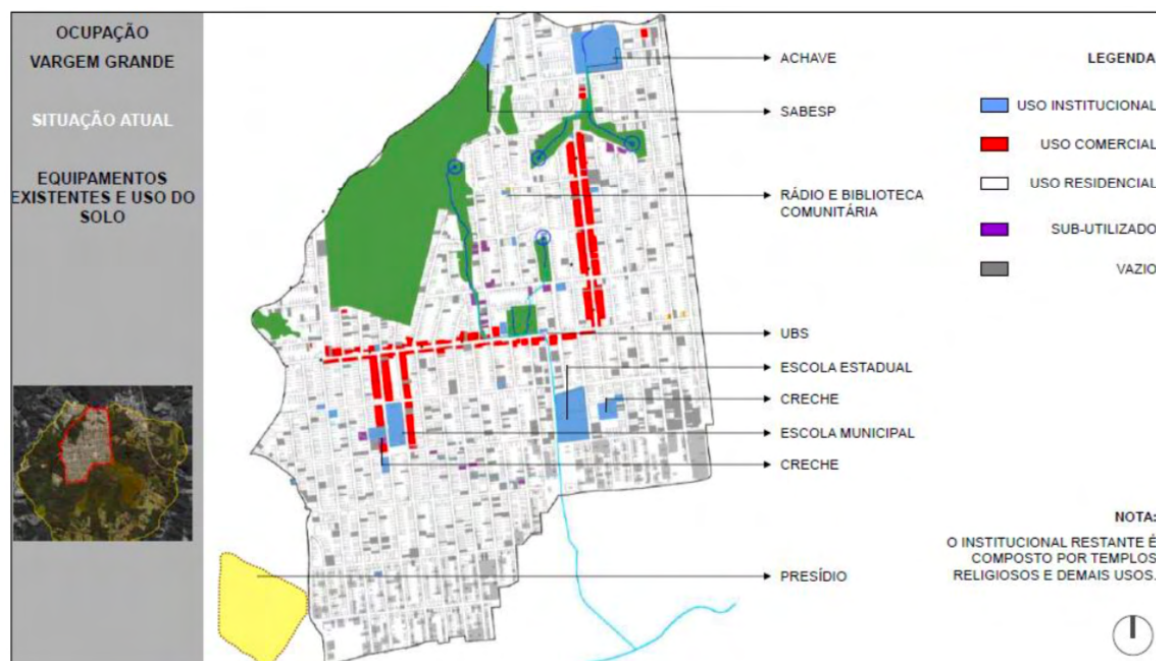
Os moradores mais antigos relatam que quando compraram os terrenos, estavam cientes das leis de preservação dos mananciais já existentes, criadas nos anos 1970, e que seriam necessárias negociações com o poder público. Mesmo assim optaram pela compra, baseando-se em casos prévios que envolviam a regularização de áreas sob leis de proteção ambiental e no fato de que, na época, "o discurso ambiental não possuía tanta força e as leis, ainda muito gerais e sem fiscalização ou qualquer outro controle, não eram sempre efetivas" (VOIVODIC, 2017). A figura a seguir apresenta o esquema de coleta e distribuição dos recursos hídricos para as residências do bairro, aproveitando as nascentes originais da região.

Figura 6: Rede estrutural hídrica ambiental.



Fonte: Plano Regional Estratégico da Subprefeitura de Parelheiros (2016)

Figura 7: Equipamentos existentes e uso do solo.



Fonte: Plano Regional Estratégico da Subprefeitura de Parelheiros (2016)

Inserida também na planície central da cratera, está a Penitenciária ASP Joaquim Fonseca Lopes. Concluída em 1989, a construção do presídio de segurança máxima, com capacidade para até 500 detentos, não contou com a reforma do sistema de tratamento de efluentes líquidos, insuficiente para o volume de esgoto produzido pelos seus quase 1000 ocupantes, e contribuiu, juntamente com a construção da estrada, para a ocupação da área e adensamento de Vargem Grande (VOIVODIC, 2017).

3.3 Preservação ambiental e legislação

O movimento ecológico surge no Brasil na década de 1970 como consequência do crescimento industrial proporcionado pelo 'milagre econômico' e aumento do desmatamento. A conferência sobre o meio ambiente da ONU, que ocorreu pela primeira vez em 1972, refletia os interesses das potências econômicas mundiais que já pressionavam o país para a tomada de medidas para "economizar" riquezas naturais. O discurso de "crescimento zero", implementado pela legislação, era - e ainda é - baseado na culpabilização do indivíduo, seu modo de vida e consumo, e nunca na crítica ao modo de produção capitalista ou para a quantidade de mercadoria produzida (VOIVODIC, 2017).

No entanto, a necessidade do estabelecimento de políticas de preservação é evidente no contexto de crescente expansão urbana, uma vez que se conhecem os impactos negativos do desmatamento e crescimento desordenado das cidades na preservação da biodiversidade, estabilidade do solo, drenagem e regulação do regime de chuvas e controle de temperatura, cujos efeitos não se limitam à escala local. O conflito entre as políticas do morar e a preservação ambiental será discutida mais adiante no Capítulo 4.

São atualmente mais de 17 leis que regem a preservação ambiental na Cratera de Colônia (Tabelas 1, 2 e 3). As primeiras leis ambientais específicas referentes à área surgiram ainda em 1975 com a criação da APRMSP (Lei estadual no 898/75 e 1.172/76), dado que já se verificava densa ocupação nas margens da represa Guarapiranga, cujos reflexos no meio ambiente já não podiam ser ignorados pelo poder público, como descrito por Voivodic (2017):

"Foi nos primeiros anos da década de 1970 que a urbanização das áreas de mananciais chegou a um ponto crítico. A CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) foi obrigada a realizar operação de remoção da mancha anaeróbia presente na represa e consequência da falta de coleta e tratamento de esgotos que havia intensificado a poluição do Rio Tiete e de seus afluentes comprometendo a qualidade da represa Billings (ISA, 2008). As leis de proteção aos mananciais consideravam a ocupação urbana da bacia o principal fator para a má qualidade da água e para evitar a ocupação e preservar o ambiente ora restringiam totalmente novas ocupações, ora propunham ocupações pouco adensadas."

Seguindo a criação da APRMSP, para tentar conter o avanço do urbano sobre a região, foram efetivadas as leis de proteção aos mananciais hídricos (Lei Estadual n. 1.172/76), em 1976, Parcelamento do Solo (Lei Federal n. 6766/79), em 1979, e a Lei Municipal 3.412, de 1981, que determina a área como zona rural e impede a implementação de habitações de interesse social em Vargem Grande, apesar da área, atualmente, ser caracterizada como Zona Especial de Interesse Social 1 (ZEIS 1) pelo zoneamento de Parelheiros, que prevê para esse tipo de zona a construção de habitação de interesse social e implementação de melhorias urbanísticas.

Ainda sobre o bairro Vargem Grande, Voivodic (2017) discorre sobre os conflitos envolvidos na regularização fundiária na época do início da ocupação:

"A possibilidade de regularização era uma questão em disputa entre a UNIFAG e o poder público. Logo após a denúncia a Promotoria Municipal redigiu uma medida cautelar que apesar de ressaltar que trata-se de um "loteamento irregularizável, pois afronta os dispositivos da legislação municipal (Lei 9.142), da estadual (Lei 1.172/76, de proteção aos mananciais hídricos) e legislação federal (Lei 6.766/79 e 4.771/65, Código Florestal.)", ela também acena, no mesmo documento, a possibilidade de

“aprovação do loteamento condicionar todas as medidas cerceadoras legais às ações da loteadora enquanto estiverem sem aprovações nos termos da legislação vigente”.

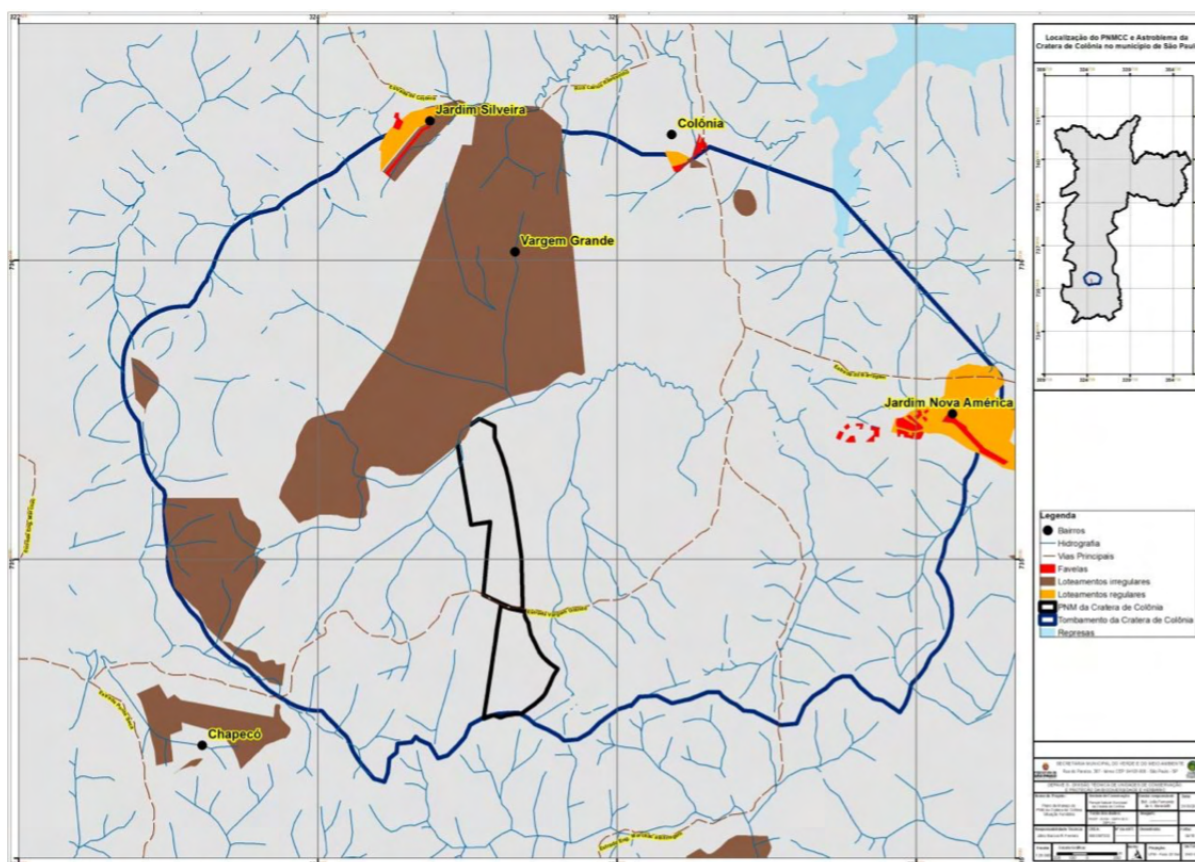
Por outro lado, a aprovação, em 2009, da APRM da Billings (Lei Estadual n. 13.579) - que é vista como alternativa ao abastecimento de água na cidade - viabiliza obras de infraestrutura básica nos loteamentos irregulares, como Vargem Grande, conflitando com o tombamento da cratera, além do Código Florestal e a Lei de uso do solo para proteção dos mananciais (Lei Estadual no 3.746).

A regularização fundiária é definida como o processo de intervenção pública, sob os aspectos jurídicos, físico e social, que tem como objetivo a permanência da população de áreas urbanas ocupadas em desconformidade com a lei, através de melhorias no ambiente urbano do assentamento, no resgate da cidadania e da qualidade de vida da população beneficiária (ALFONSIN, 1997). Os assentamentos mais adensados da região ocupam principalmente a porção norte da cratera - resultado da expansão da cidade - e se encontram majoritariamente irregulares perante a lei, com exceção da quase totalidade do bairro Jardim Nova América, e parte dos bairros Jardim Silveira e Colônia, como visto no Mapa 6.

A situação fundiária e de loteamentos apresenta de maneira explícita a importância da preservação e conservação destes patrimônios ecológicos, sociais e culturais da área da cratera de Colônia, uma vez que a ineficácia do poder público em oferecer alternativas de moradias para a população vulnerável faz com que as áreas destinadas à preservação ambiental sejam ocupadas de forma irregular.

As três tabelas apresentadas adiante possuem o propósito de abranger e resumir os parâmetros legais referentes ao uso e ocupação do solo, zoneamento urbano e a questão patrimonial da área, tendo em vista seus aspectos físicos, urbanos e também culturais.

Mapa 6: Situação Fundiária na Cratera de Colônia



Fonte: Plano de Manejo do PNMCC (2012)

Tabela 1: Legislação Municipal da região da Cratera de Colônia.

Lei	Data
Legislação Municipal	
Resolução de Tombamento da Cratera de Colônia pelo CONPRES n° 04/95	29 de novembro de 1995
Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal Capivari-Monos: n° 13.136	09 de julho de 2001
Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo: Lei n° 13.430, substituído por Lei n° 16.050	13 de setembro de 2002, substituído em 30 de junho de 2014
Plano Regional Estratégico da Subprefeitura de Parelheiros	
Zoneamento Geoambiental da APA Capivari-Monos: Lei n° 13.706	05 de janeiro de 2004

Tabela 2: Legislação Estadual da região da Cratera de Colônia.

Lei	Data
Legislação Estadual	
Lei de uso do solo para a proteção dos mananciais: Lei Estadual nº 898, alterada pela Lei Estadual nº 3.746	18 de dezembro de 1975, alterada em 9 de julho de 1983
Delimitação das áreas de proteção relativas aos mananciais, cursos e reservatórios de água: Lei Estadual nº 1172, alterada pela Lei Estadual nº 11216	17 de novembro de 1976, alterada em 22 de julho de 2002
Aprovação do Regulamento das Leis nº 898, e nº 1.172: Decreto Estadual nº 9.714	19 de abril de 1977
Lei de Recuperação e Proteção dos Recursos Hídricos - Lei Estadual nº 9.866	28 de novembro de 1997
Definição da Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga, e dá outras providências correlatas: Lei Estadual nº 12.233	16 de janeiro de 2006
Define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Reservatório Billings - APRM-B, e dá outras providências correlatas. Lei Estadual nº 13.579	13 de julho de 2009
Regulamentação de dispositivos da Lei nº 13.579: Decreto Estadual nº 55.342	13 de janeiro de 2010
Resolução de Tombamento da Cratera de Colônia SC 60/2003	

Tabela 3: Legislação Federal da região da Cratera de Colônia.

Lei	Data
Legislação Federal	
Código Florestal: Lei Federal nº 4.771, substituída pela Lei Federal nº 12.651	15 de setembro de 1965, substituída em 25 de maio de 2012
Lei de Crimes Ambientais: Lei Federal nº 9.605	12 de fevereiro de 1998
Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC): Lei Federal nº 9985	18 de julho de 2000
Lei da Mata Atlântica: Lei Federal nº 11.428	22 de dezembro de 2006

Fonte: Autora, 2021.

Tombamento

Com objetivo de reforçar as políticas de preservação não tão efetivas, foi formulado um estudo, a partir de 1995 - após a solicitação feita em 1991 através do processo 40-002.254.91-5 (CONDEPHAAT, n. 32939, 1995) -, para o tombamento da cratera pelo Patrimônio Histórico, concretizado apenas em 2003. A resolução elaborada pelo CONPRESP (2018) alega excepcional valor científico, ambiental e turístico para o tombamento e estipula diretrizes gerais para o perímetro, de modo que:

- 1.1. Ficam proibidas intervenções de grande porte no relevo da Cratera, tais como atividades de mineração e movimentos de terra (cortes e aterros) que ultrapassem o limite de cota de 1,5 metros;
- 1.2. Fica proibida a execução de construções com fundações do tipo estacas ou similares que atinjam mais de 5 (cinco) metros de profundidade, considerando a necessidade de se evitar descaracterização do relevo e das camadas do perfil geológico e sedimentar da Cratera;
- 1.3. Fica proibida a construção de pavimentos em subsolo;
- 1.4. Torna-se necessária a apresentação de laudo técnico, elaborado por profissional habilitado, atestando que construções, poços de captação ou quaisquer outras intervenções não modificarão permanentemente o nível dos lençóis freáticos ou nascentes;
- 1.5. Fica estabelecida a altura máxima de 8 (oito) metros para novas intervenções no perímetro tombado, medida a partir do perfil natural do terreno;

1.6. Qualquer intervenção na área tombada deverá respeitar a legislação ambiental pertinente, em especial a que constituiu a APA Capivari-Monos (Lei 13.136/2001);

1.7. Intervenções que objetivem a recuperação ambiental dos elementos físicos tombados e identificados no Artigo 1º deverão ser submetidas à análise do Departamento do Patrimônio Histórico (DPH) e à aprovação do CONPRESP, contando com a cooperação técnica da Secretaria do Verde e do Meio Ambiente.

A resolução do tombamento, no entanto, não restringe obras nas áreas adjacentes de 300 metros à cratera, uma vez que estão em área de proteção aos recursos hídricos da RMSP e sob jurisdição da lei de zoneamento Z8-100 - que determina parâmetros específicos para o uso e ocupação do solo -, além da lei de tombamento da Serra do Mar, no caso da porção da cratera (CONDEPHAAT, no 32939, 1995).

APA Capivari-Monos

A APA Capivari-Monos, instituída pela Lei Municipal nº 13.136 de 09 de julho de 2001, abrange uma área de 25.100 hectares, correspondente a 1/6 do município de São Paulo. Está inserida na APRMSP e abrange parcialmente também outras Unidades de Conservação e quatro Terras Indígenas. Seu Zoneamento Geoambiental foi aprovado em 2004 (Lei Municipal 13.706) e divide a legislação incidente sobre a APA em cinco categorias: proteção florestal, baseada no Código Florestal e Lei da Mata Atlântica (Lei Federal 11.428/06); unidades de conservação e demais áreas protegidas, baseando-se na Reserva de Biosfera, áreas naturais tombadas - incluindo a Cratera de Colônia -, UCs, como a RPPN Curucutu e o PNMCC e PESM; proteção ao patrimônio histórico e cultural; recursos hídricos, incluindo a legislação específica das APRMs Guarapiranga e Billings e legislação urbanística, correspondente principalmente ao Plano Diretor Estratégico (Lei Municipal 13.430/02).

A Lei Municipal de criação da APA define como objetivos dessa Unidade de Conservação: promover o uso sustentável dos recursos naturais, proteger a biodiversidade, os recursos hídricos e os remanescentes de Mata Atlântica, proteger o patrimônio arqueológico e cultural, promover a melhoria da qualidade de vida das populações, manter o caráter rural da região e evitar o avanço⁵ da ocupação urbana sobre a área protegida. Este último ponto se justifica devido ao crescente aumento

⁵ O Plano de Manejo não fala em remoções, apenas na contenção da expansão da área urbana.

populacional da região, principalmente Vargem Grande, com um aumento de cerca de 80% entre os anos 2000 e 2008 (VOIVODIC, 2017). Para que os objetivos sejam cumpridos, as normas restritivas impostas pela lei são: implantação e o funcionamento de indústrias potencialmente poluidoras; a disposição dos resíduos sólidos classe I⁶; o despejo de efluentes não tratados; a caça; quaisquer formas de pesca predatória; abertura de novas estradas; implantação e funcionamento de fábricas de blocos e a fabricação e o comércio de materiais de construção.

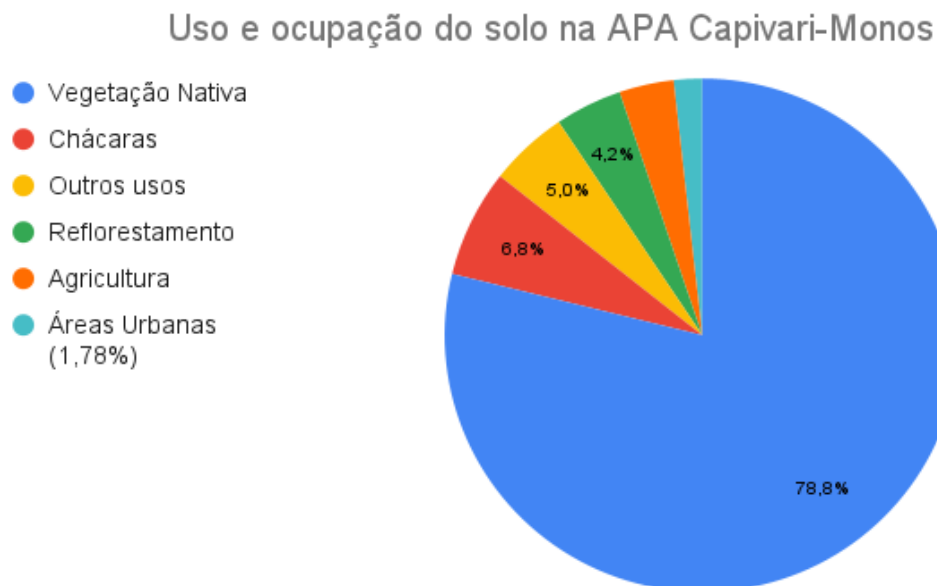
O Zoneamento Geoambiental da APA de 2004 determina as normas de uso do solo e recursos naturais, e define exclusivamente a Cratera de Colônia como Zona Especial de Proteção e Recuperação do Patrimônio Ambiental, Paisagístico e Cultural do Astroblema “Cratera de Colônia” (ZEPAC), e explicita que qualquer intervenção nessa zona deve assegurar a preservação de preenchimento sedimentar, a preservação da estrutura geomorfológica, a recuperação e preservação dos cursos d’água que compõem a drenagem da cratera e a recuperação e a preservação da várzea do Ribeirão Vermelho da Billings.

Dentro dos limites da APA predomina a vegetação nativa em estágio primário ou secundário-avançado a médio. Parte da área é destinada também a usos antrópicos compostos majoritariamente por chácaras, reflorestamentos (plantios de *Pinus* e *Eucalyptus*), agricultura (principalmente horticultura e floricultura) e áreas urbanas, como indica o gráfico 1 que, relacionado ao mapa 8, evidencia a relação entre a legislação vigente e a prática da implementação das normas.

A concessão de licenciamentos, bem como a fiscalização da implementação das leis compete ao Estado e ao Município, não deixando o Conselho Gestor da APA de ser ouvido no que diz respeito a esses processos.

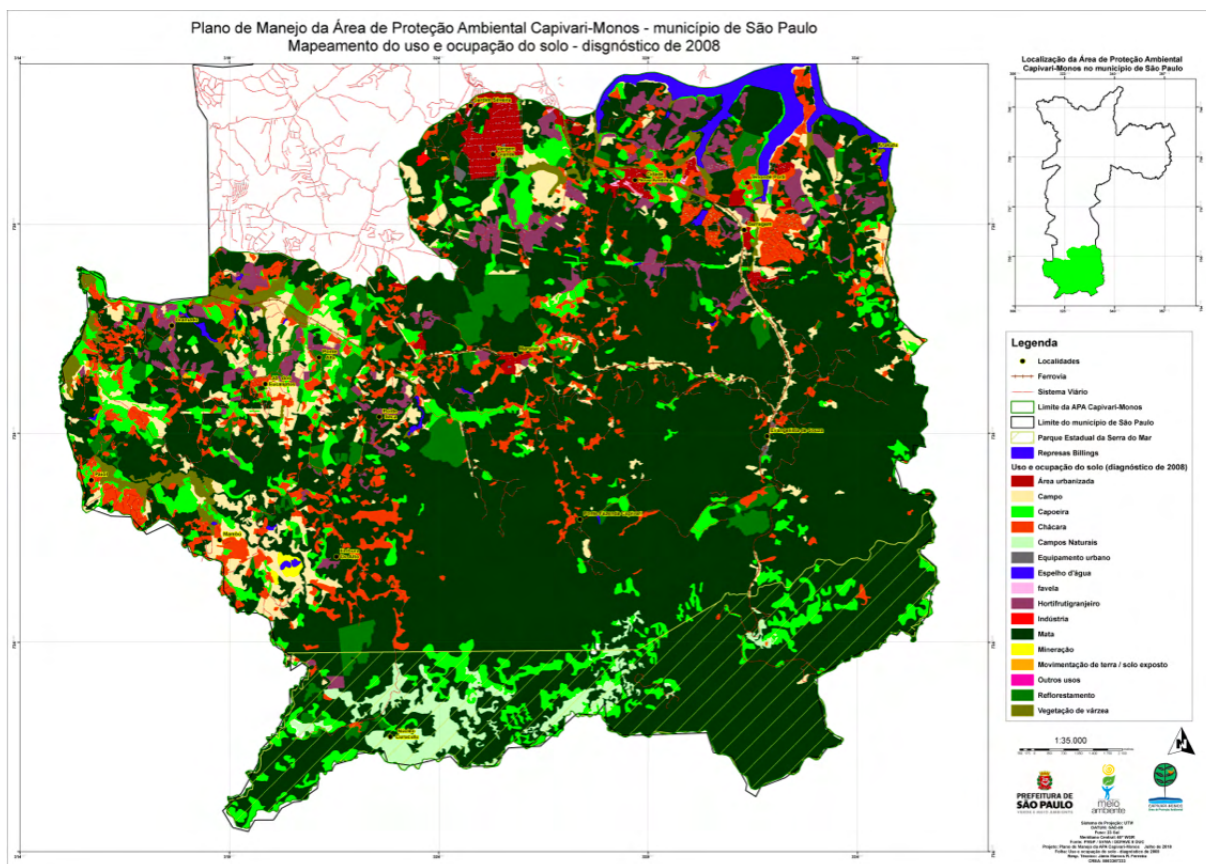
⁶ Aqueles que apresentam riscos ao meio ambiente e exigem tratamento especial, ou que apresentam riscos à saúde pública.

Gráfico 1: Uso e ocupação do solo atual na APA Capivari-Monos.



Fonte: Plano de Manejo APA Capivari Monos (2011). Elaborado pela autora.

Mapa 7: Uso e ocupação do solo na APA Capivari-Monos em 2008.



Fonte: Plano de Manejo APA Capivari-Monos (2011)

Parque Natural Municipal Cratera de Colônia

O SNUC é instituído pela Lei Federal no 9.985 de 18 de julho de 2000, e divide as Unidades de Conservação em: uso sustentável e proteção integral, sendo este destinado às unidades que têm como objetivo a preservação ambiental, onde admite-se apenas o uso indireto de seus recursos naturais, possibilitando a realização de pesquisa científica, o desenvolvimento de atividade de educação e interpretação ambiental, de recreação e de turismo ecológico. As unidades de conservação de proteção integral são compostas pelas seguintes categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Monumento Natural, Refúgio de Vida Silvestre e Parque Nacional, como por exemplo, o Parque Natural Municipal Cratera de Colônia (PNMCC).

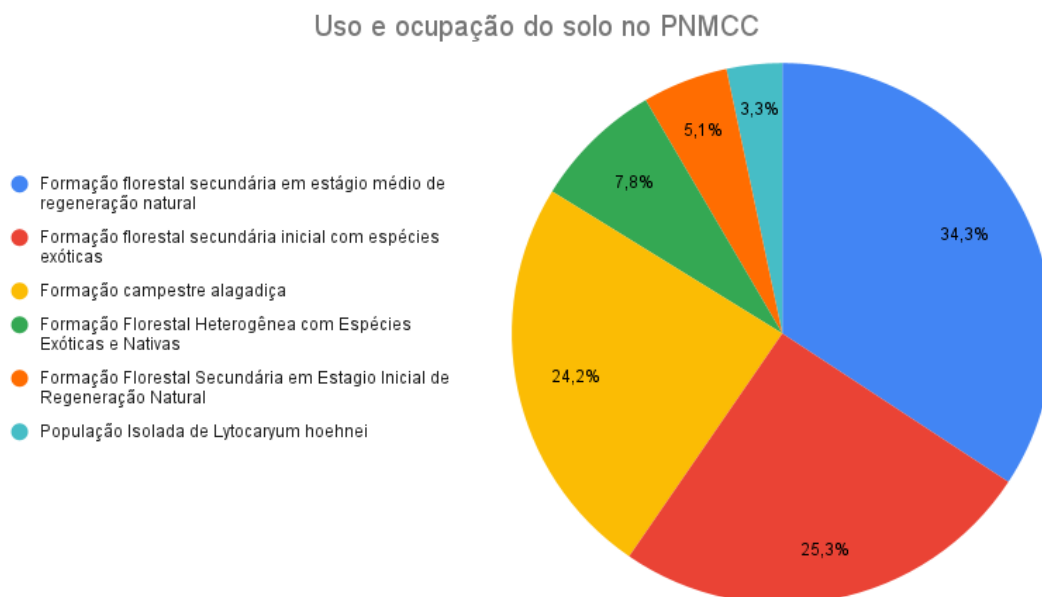
Criado em 11 de junho de 2007 pelo Decreto Municipal nº 48.423, com investimento da empresa FURNAS Centrais Elétricas S.A. - como medida compensatória dos impactos ambientais causados pela implantação da Linha de Transmissão (LT 750 KV Itaberá - Tijuco Preto III) na APA Capivari-Monos -, o PNMCC faz parte das Macroáreas de Preservação de Ecossistemas Naturais da subprefeitura de Parelheiros.

A respeito de sua legislação, o Parque compreende a Legislação Estadual de Proteção aos Mananciais (incluindo legislação específica das APRMs Guarapiranga e Billings), a Lei de Recuperação e Proteção dos Recursos Hídricos (Lei Estadual no 9.866/97), a Resolução do Tombamento da Cratera de Colônia (60/2003), o Plano Diretor Estratégico do Município (Lei no 13.430/02), o Plano Regional Estratégico da Subprefeitura de Parelheiros e o Zoneamento Geoambiental da APA (Lei no 13.706/04), no qual está inserido como parte da ZEPAC.

A preservação de remanescentes de vegetação nativa no PNMCC, assim como na APA Capivari-Monos, é regida pela Lei da Mata Atlântica, que determina a possibilidade do corte e supressão da vegetação de acordo com o estágio sucessionais de regeneração.

O uso e ocupação do solo no PNMCC foi determinado utilizando técnicas de geoprocessamento aliadas ao levantamento de campo, e constatou-se a predominância de formações vegetais de espécies nativas, em variados estágios sucessionais, e povoamento de espécies exóticas, que ocupam a maior parte da

área de 52,8 hectares, como aponta o gráfico 2, que mostra o uso e ocupação do solo do PNMCC de acordo com a cobertura vegetal e seus respectivos estágios sucessionais.



Fonte: Dados extraídos do Plano de Manejo do PNMCC (2012). Elaborado pela autora.

A preservação dos fragmentos de vegetação nativa no PNMCC leva em consideração o impacto dos efeitos de borda, a medida que esta funciona como uma "zona de amortecimento", protegendo o fragmento de degradações externas, de modo que quanto maior a distância entre as extremidades e o centro do fragmento (região nuclear), maior a proteção das espécies no interior dessas áreas. O manejo desses fragmentos é feito através do arranjo espacial, que tem como parâmetros a quantidade, tamanho, conectividade e formato de cada fragmento. A conectividade, em especial, possui enorme importância, pois refere-se ao grau de "isolamento" espacial de um fragmento em relação a outro, assim, quanto mais próximos os fragmentos, melhor a conectividade, podendo criar um corredor ecológico⁷.

A criação de corredores ecológicos seria de suma importância para a preservação de espécies da fauna nativa e endêmica, existindo atualmente cinco propostas para criação de corredores interligando o PNMCC com outros Parques Naturais da região, incluindo o Parque Estadual da Serra do Mar. Caso

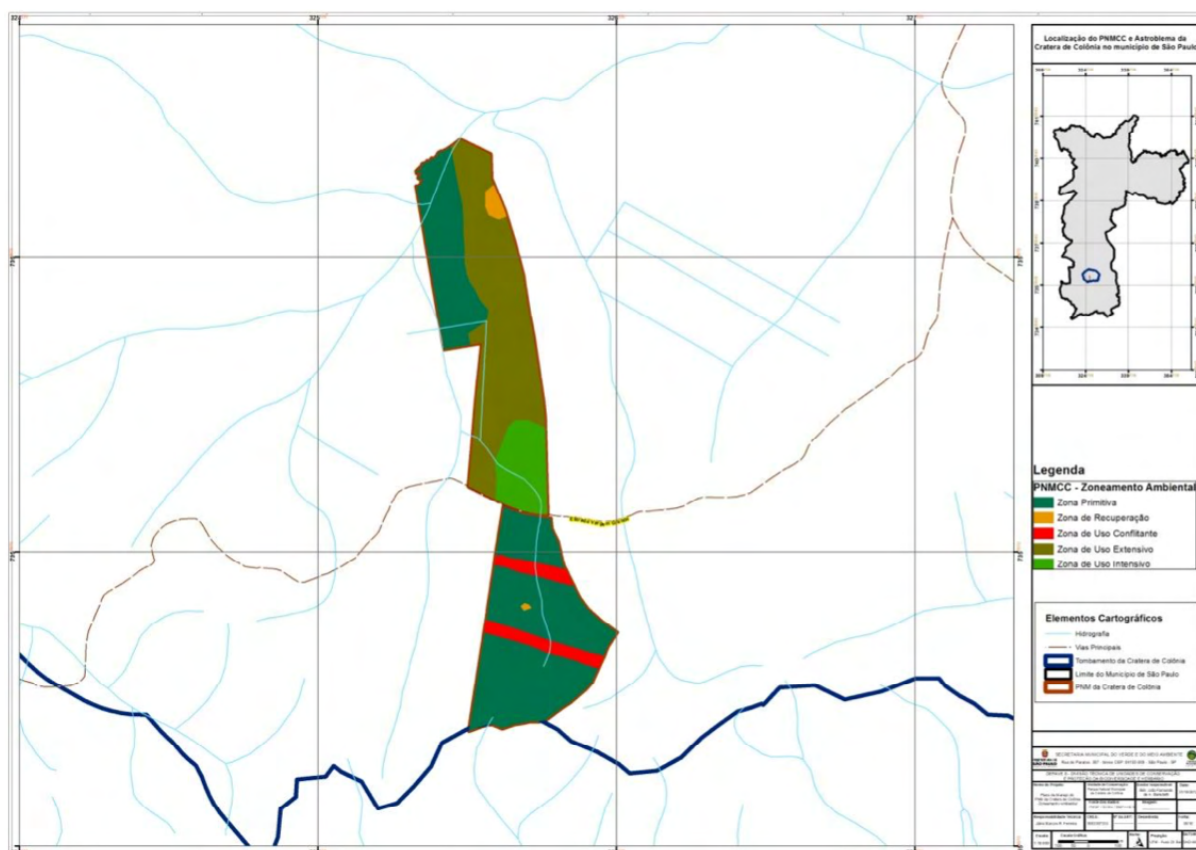
⁷ Um corredor ecológico serve de passagem para a fauna, interligando remanescentes de vegetação maiores.

implementado, este último corredor, viria a ser o maior proposto, abrangendo grande parte da porção sul da zona de amortecimento.

A zona de amortecimento do PNMCC foi criada de acordo com a Lei Federal n. 9.985/00 e possui uma área de 34.128,5 hectares, abrangendo o entorno da UC, onde restringe a partir de normas específicas as atividades humanas com objetivo de minimizar os impactos ambientais negativos sobre a unidade, garantindo que as atividades que se implantem na região sejam compatíveis com a conservação da UC.

O zoneamento interno do PNMCC (Lei no 9.985/00) foi elaborado a partir da divisão em várias zonas com características específicas, considerando diferentes graus de proteção e as possibilidades de intervenção humana, seguindo os critérios de nível de pressão antrópica, acessibilidade, gradação dos tipos de uso e estado de conservação da cobertura florestal, e limites geográficos identificáveis na paisagem, o que contribui para elaboração de ações de preservação tendo como base os atributos naturais da área, como apresentado no mapa a seguir.

Mapa 8: Zoneamento Ambiental Interno PNMCC



Fonte: Plano de Manejo PNMCC (2012)

A partir do panorama geral da legislação incidente sobre a área é possível concluir que houve um enrijecimento das leis conforme o passar do tempo, de forma que enquanto as leis aprovadas ainda no final do século XX, quando se intensificou a ocupação das áreas próximas aos mananciais, previam obras de melhorias urbanas e de certa forma legitimavam a ocupação, as leis mais recentes - como o tombamento Cratera como patrimônio geológico - tentam coibir qualquer obra que produza alterações mais profundas no solo, incluindo construção de edificações de maior porte e implementação de rede coletora de esgoto.

Apesar do endurecimento da legislação conforme o tempo, as leis atuais que impõem maiores restrições à ocupação e visam preservar o máximo das características naturais da área são aquelas promulgadas pelo poder municipal (ex: Tombamento CONPRES e APA Capivari-Monos), estando assim sujeitas ao detrimento em relação a uma lei estadual mais permissiva à ocupação humana e expansão urbana (ex: APRM Billings).

No entanto também podem ser observadas contradições no que diz respeito à prática e aplicabilidade da legislação na área uma vez que o bairro de Vargem Grande, que ocupa boa parte da porção norte da cratera, é classificado como ZEIS-1 pelo Plano Regional Estratégico da Subprefeitura de Parelheiros (legislação municipal) e recebe atualmente obras de melhorias urbanas, se sobrepondo a Resolução de Tombamento da Cratera de Colônia (Lei estadual 60/2003) de forma a desrespeitar a hierarquia legislativa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Cratera de Colônia a maior parte dos problemas ambientais está relacionada às formas de uso e ocupação do solo que, a depender de seu caráter, podem acarretar em degradação dos mananciais e remanescentes florestais. Atualmente, 25% da área da Cratera é constituída por área urbana, sendo a maior delas correspondente ao bairro Vargem Grande (MARÇON, 2009).

Os impactos negativos da ocupação humana na Cratera de Colônia podem ser divididos em duas categorias correlatas entre si: aqueles decorrentes da remoção da vegetação nativa e introdução de espécies exóticas, e aqueles relacionados às obras de engenharia e infraestrutura e outras consequências da expansão do urbano periférico.

A supressão de remanescentes de Mata Atlântica está diretamente relacionada a: preservação de espécies vegetais ameaçadas, encontradas majoritariamente dentro do PNMCC, como a canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*), cedros (*Cedrela fissilis* e *Cedrela odorata*), guapeva (*Pouteria bullata*), jaborandi (*Piper lanceolatum*) e palmito-jussara (*Euterpe edulis*); e conservação de espécies da fauna nativa e endêmica como a rã-do-folhiço (*Haddadus binotatus*), tucano-de-bico-verde (*Ramphastos dicolorus*) e mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*).

A introdução de espécies exóticas também representa uma ameaça às comunidades biológicas locais pois favorecem o processo de competição biológica, ocasionando perda de espécies nativas. De acordo com Marçon (2009), predominam na área as seguintes espécies exóticas: *Hedychium gardnerianum* (gengibre-de-kahili) e *Musa rosácea* (bananeira), que, cultivados como plantas ornamentais na região, chegaram ao parque por dispersão de sementes; *Eucalyptus robusta* (Eucalipto) oriundos da rebrota de tocos remanescentes de cultivos antigos; *Pinus sp.* (pinheiro), cultivado comercialmente em terrenos vizinhos e em toda a região de Parelheiros, que devido ao alto poder de dispersão pelo vento, assume um caráter de espécie invasora causando grandes perturbações ambientais; *Hedychium coronarium* (lírio-do-brejo), invasora comum em áreas brejosas e a *Eriobotrya japonica* (nespereira), utilizado em paisagismo, freqüentemente dispersa pela avifauna nativa. Os bambus competem com espécies pioneiras, impedindo a entrada de luz na floresta, inviabilizando a germinação, o crescimento e o desenvolvimento

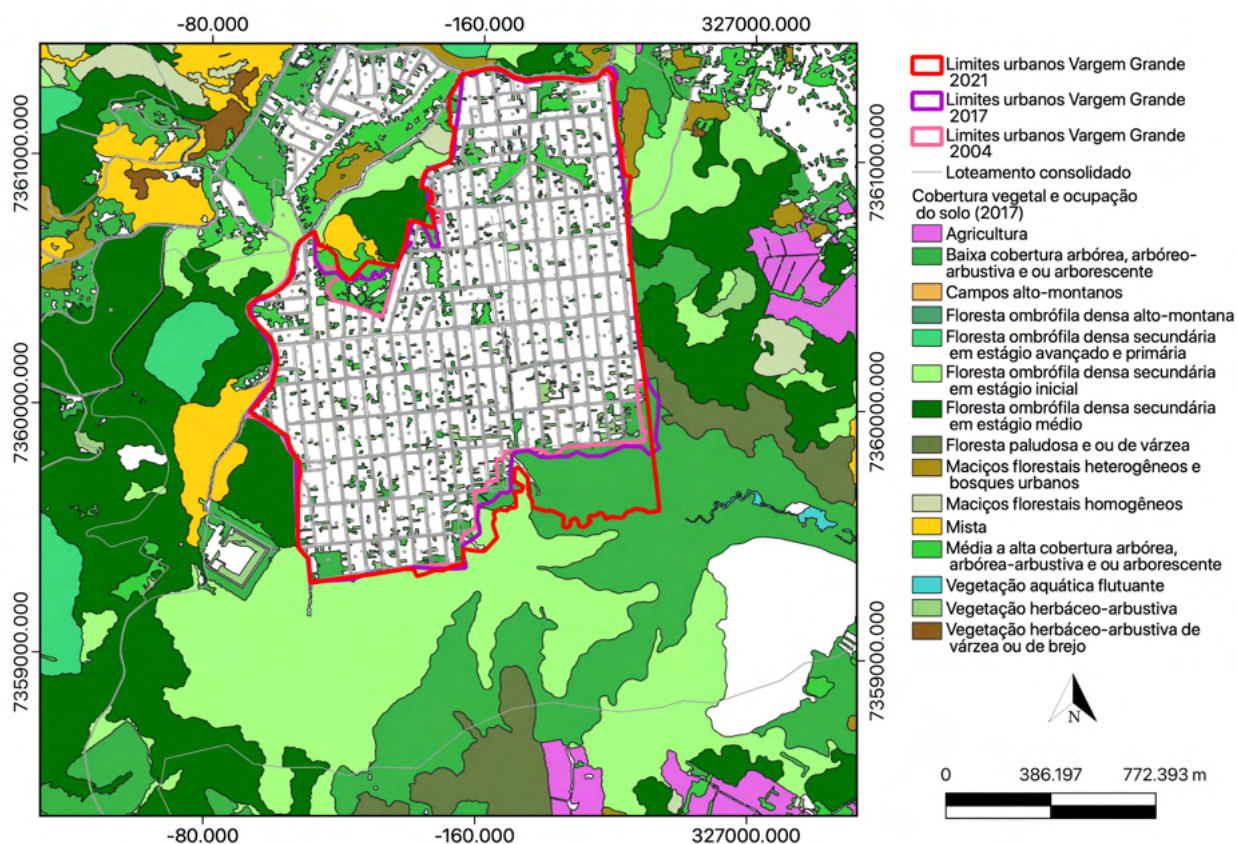
das plântulas (MARÇON, 2009).

Como visto anteriormente, a ocupação na região da Cratera de Colônia teve início com assentamentos em chácaras e sítios voltados para a produção agrícola familiar, que hoje se restringem à porção sul da estrutura. Embora tenham atuado inicialmente como uma barreira à expansão urbana desordenada, atualmente representam fontes de contaminação do solo e recursos hídricos, ao fazerem uso de defensivos agrícolas e adubação química, oferecendo risco à vida silvestre e aos moradores da região (VOIVODIC, 2017). A ocupação agrícola no interior da cratera em meados do século passado alterou a drenagem de algumas áreas através da abertura de canais para expansão da área cultivável que avançou sobre a Mata de Brejo, alterando seu regime hídrico, aumentando o encharcamento em algumas áreas e deixando outras mais secas (MARÇON, 2009). Além disso, o manejo inadequado do solo nessas propriedades pode causar assoreamento dos corpos d'água, a partir do aumento da erosão e susceptibilidade a movimentos de massa, principalmente nas vertentes do anel colinoso.

Vargem Grande é o adensamento mais expressivo da região, onde o aumento populacional entre os anos 2000 e 2008 foi de 80%, passando de 32.625 para aproximadamente 58.500 habitantes (VOIVODIC, 2017). A área urbana do bairro continua a se expandir cratera adentro apesar da legislação incidente sobre a área, que proíbe tal ação, classificando-a como área de proteção permanente. O processo de ocupação do bairro rebaixou a cobertura vegetal a 65% da área total da cratera e alterou significativamente os ecossistemas da região.

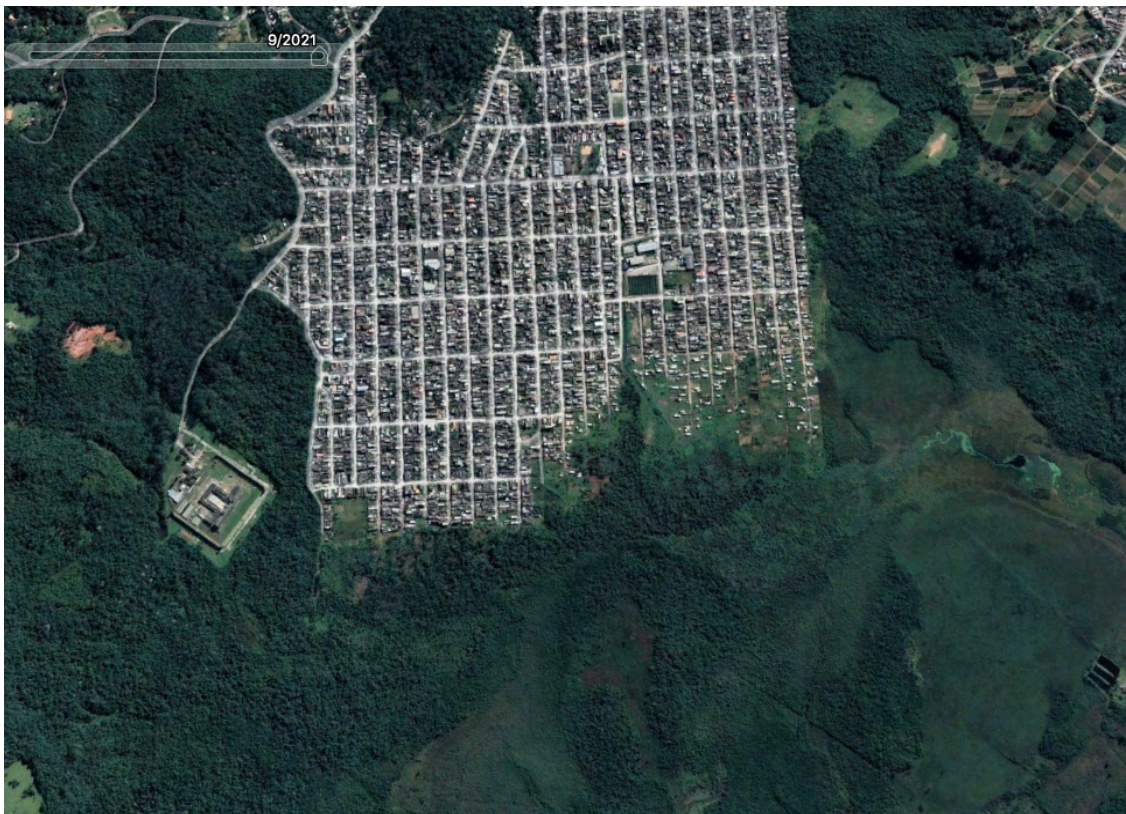
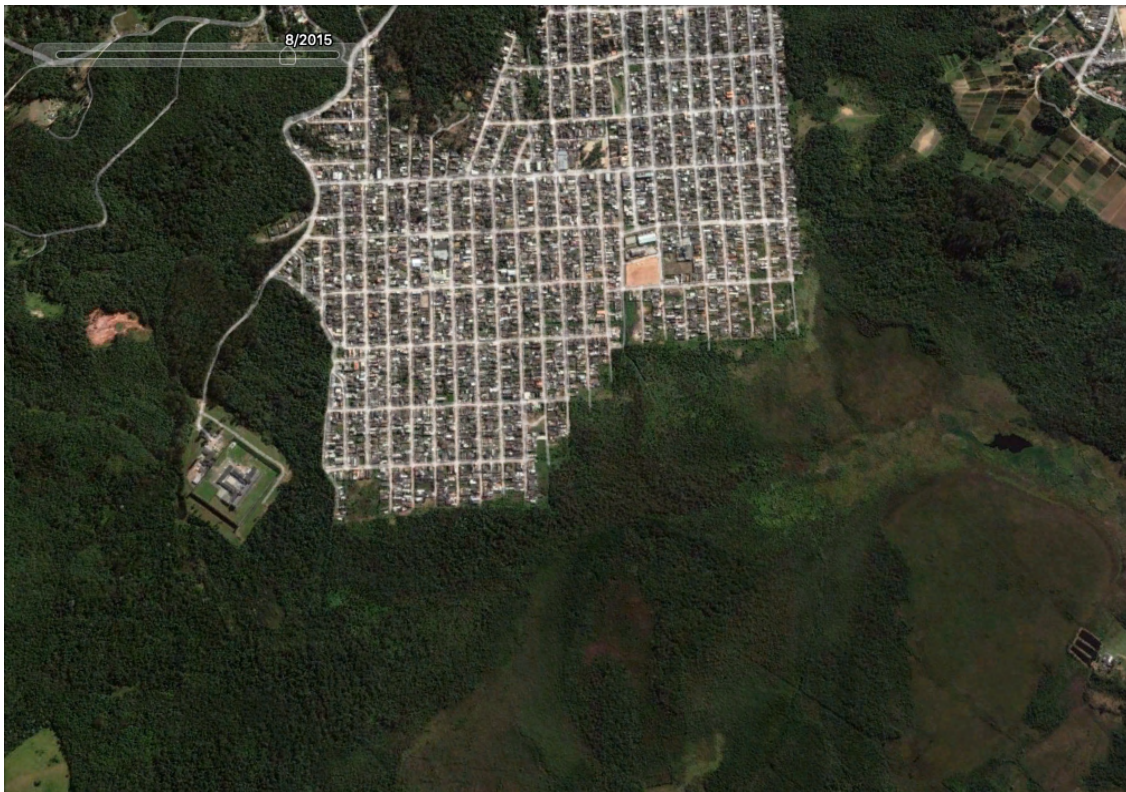
A porção sul do bairro teve sua área urbana expandida significativamente nos últimos 5 anos, com retirada da cobertura vegetal nativa correspondente a Mata de Brejo e Campos Brejosos e abertura de novas ruas e lotes, que já contam com mais de 100 novas construções. Tais alterações podem ser verificadas ao comparar imagens de satélite que recobrem a área de diferentes tempos históricos, como é possível observar nas imagens 9 e 10, bem como no mapa abaixo, que mostra a expansão da área urbana do bairro sentido sul em direção ao centro da cratera, com supressão da vegetação nativa. Esta expansão se mostrou quase inexpressiva de 2004 a 2017, quando passou a crescer aceleradamente. Estudos mais aprofundados seriam necessários para melhor compreender as causas dessa expansão repentina, provavelmente associada a questões políticas e sociais.

Mapa 9: Limites da área urbana do bairro Vargem Grande - Parelheiros em 2004, 2017 e 2021, evidenciando a expansão.



Fonte: Elaborado a partir de ortofotos, Google Imagens e dados Geosampa (2021). Elaborado pela Autora.

Imagens 9 e 10: Expansão da área urbana de Vargem Grande sentido ao interior da estrutura em 2015, anterior a mudança, e 2021, respectivamente.



Fonte: Google Earth - Série Histórica, 2015 a 2021.

A constatação da expansão urbana horizontal do bairro sobre a área de preservação permanente vai de encontro ao que foi proposto por Voivodic (2017), que afirma que a proposta de ampliação do PNMCC pode configurar uma ameaça aos interesses sociais de habitação:

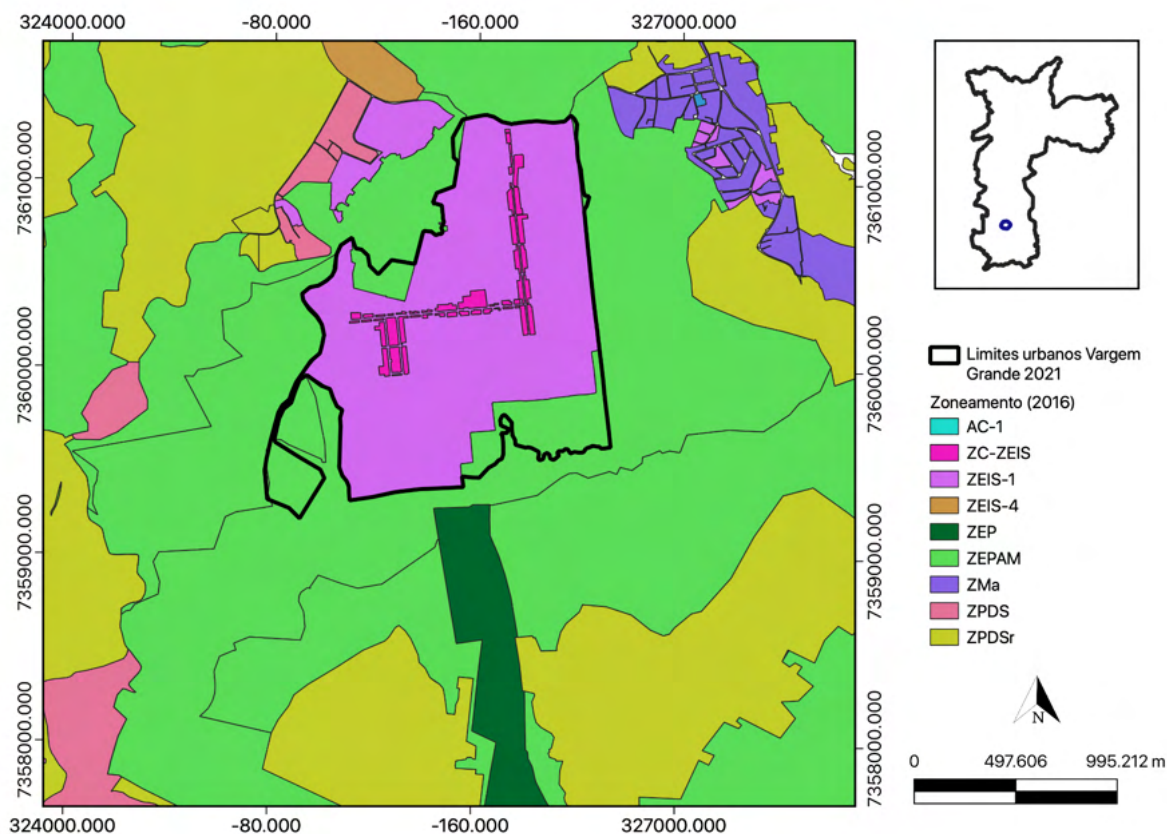
"Além de apontar a necessidade de uma regularização fundiária que possibilite a sua preservação, o poder público defende a ampliação da sua área total, defende-se que o aumento da área é de extrema importância na definição de um manejo efetivo a longo prazo. O mapa a seguir mostra a área de ampliação, é possível verificar que ele chegará bem próximo ao bairro de Vargem Grande, apontando assim o processo oposto do avaliado nos documentos e políticas públicas, não é a área urbana que está ameaçando a preservação da natureza podendo se expandir, mas é as políticas de preservação que avançam sobre os moradores de Vargem Grande."

A área urbana de Vargem Grande avança sobre a planície central de forma que, ao continuar no mesmo ritmo, a construção de edificações atingirá os limites do Parque, mais especificamente as áreas correspondentes às zonas Primitiva e de Uso Extensivo previstas no zoneamento do PNMCC. Estas zonas são caracterizadas pela mínima intervenção humana, e têm como objetivo geral a preservação e manutenção do ambiente natural com mínimo impacto humano, permitindo atividades de pesquisa científica, educação ambiental, e no caso da segunda, também formas primitivas de recreação. De acordo com o zoneamento, nessas zonas estão proibidas a instalação de qualquer tipo de edificação, obra ou infraestrutura permanente, à exceção dos postos de informação, controle, vigilância e segurança da UC; abertura ou alargamento de trilhas e acessos existentes, com exceção das voltadas para as atividades de educação ambiental; qualquer tipo de movimentação de terra, quebra ou retirada de rochas.

A respeito da ocupação urbana na cratera, a Resolução de Tombamento do CONPRES (2018) prevê diretrizes específicas para o determinado Setor B da estrutura, que corresponde às áreas de loteamentos em regularização classificadas como ZEIS-1, conforme a legislação que disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo (Lei no 16.402/2016), que proíbe a expansão das áreas dos loteamentos em regularização e ainda admite-se que a regularização desses setores deverá estar associada a intervenções de recuperação e valorização dos trechos de maior importância e vulnerabilidade ambiental. No mapa a seguir é possível observar que o loteamento consolidado do bairro é correspondente a Zona Especial de Interesse Social 1, enquanto as expansões

recentes ultrapassam os limites pré-estabelecidos pelo zoneamento e avançam sobre a Zona Especial de Proteção Ambiental (ZEPAM).

Mapa 10: Zoneamento incidente sobre a região da Cratera de Colônia e Vargem Grande.



Fonte: Dados Geosampa (2021). Elaborado pela autora.

Vale destacar ainda que a Resolução de Tombamento foi elaborada em 2018, mesmo período em que se intensificaram as expansões da área urbana da porção sul do bairro Vargem Grande, evidenciando tanto a necessidade da ampliação quanto da fiscalização eficiente da legislação para fazer-se cumprir as determinações já estabelecidas, além de medidas para conter, e em alguns casos até reverter, os danos à área de preservação permanente, como é o caso de um novo projeto proposto pelo Plano Regional Estratégico da Subprefeitura de Parelheiros, que propõe a remoção dessas novas ocupações e a substituição dos lotes por novas áreas verdes que somam 359.000 m².

As áreas urbanas já consolidadas do bairro recebem atualmente intervenções do Programa Mananciais. Criado como uma ampliação do Programa Guarapiranga, discutido anteriormente, tinha como objetivo abranger a área da APRM Billings no

início dos anos 2000. Devido à Lei Estadual dos Mananciais, que impede as ocupações urbanas adensadas em áreas protegidas, a continuidade do programa foi feita a partir da reurbanização e revitalização de favelas, voltando-se também para a implantação de equipamentos públicos nas regiões desprovidas de infraestrutura. Todavia, até 2008, "a urbanização com saneamento não estava sendo acompanhada pelas obras da SABESP que tinham o objetivo de transferir o esgoto para ser tratado, assim tanto os novos núcleos quanto aqueles já existentes e com saneamento continuaram jogando poluentes na represa". Apesar da previsão de conclusão das intervenções no bairro até 2016, em 2017 as obras do Programa Mananciais ainda não haviam começado (VOIVODIC, 2017).

Atualmente, o bairro conta com cerca de 50 quilômetros de rede de esgoto, abrangendo boa parte da área urbana, com exceção das ocupações em APP, que atingem profundidades entre 1,5 e 4,5 metros, e pavimentação ecológica, com utilização de blocos intertravados, em andamento, e já compreende $\frac{1}{4}$ da área urbana, como mostrado na figura 8, e evidencia a ciência do poder público a respeito da ocupação irregular das áreas de preservação permanente ao sul do loteamento.

No entanto, as obras de saneamento e a implementação da rede de esgoto, ainda não concluídas, tiveram início em 2007, ou seja, de 1989 - quando se intensificou a ocupação - até 2007 o esgoto não tratado proveniente das casa e da penitenciária foi durante muitos anos despejado nos efluentes, e por vezes diretamente, do ribeirão Vermelho, correndo a céu aberto em alguns trechos até os dias de hoje, como é possível observar na imagem 11.

Figura 8: Panfleto divulgando o andamento das obras de reurbanização de Vargem Grande.



Fonte: Achave, 2020.

Imagem 11: Córrego aberto em área urbana - Vargem Grande.



Fonte: Achave, 2021.

A disposição incorreta do lixo residencial representa um grande problema na região. Apesar de ser atendido pelo programa municipal de coleta seletiva, o bairro ainda requer limpeza constante dos córregos que chegam até o interior da cratera, como mostra a Imagem 12, para retirada de lixo e outros resíduos, uma vez que apenas nas ruas centrais do bairro contam com acesso para os caminhões coletores, fazendo com que nas áreas mais periféricas, próximas à planície aluvial, famílias despejam o lixo a céu aberto, o que acarreta graves problemas de poluição ambiental e assoreamento, que se agravam na época das chuvas (PALOS, 2004).

Imagem 12: Limpeza de córrego na planície central da Cratera de Colônia



Fonte: Achave, 2019.

Os impactos da intervenção antrópica no meio físico podem ser compreendidos através do reconhecimento de sistemas geomorfológicos e seus diversos estágios de perturbação humana, que age enquanto ação geomorfológica na forma de construção e manutenção dos ambientes, podendo modificar propriedades e localização dos materiais superficiais; interferir em vetores, taxas e balanços dos processos e gerar, de forma direta e indireta, outra morfologia, a chamada morfologia antropogênica (RODRIGUES, 2005).

Rodrigues (2005) define a morfologia antropogênica como produto da associação de padrões físicos de apropriação urbana sobre padrões da morfologia original, dando origem a padrões morfológicos complexos, que "seriam o resultado físico da interação de determinados fatores físico-naturais e fatores sócio-econômicos da apropriação urbana".

As intervenções antrópicas na morfologia da Cratera de Colônia de forma geral podem ser classificadas, segundo Lima (1990), como aquelas de 'primeira ordem', constituída pela retirada de vegetação original e pela urbanização, foco de estudo deste trabalho. As intervenções antrópicas de primeira ordem advindas da

urbanização são caracterizadas pelo padrão de arruamento, densidade de edificações e lotes, e fases de consolidação urbana, e ainda de acordo com a "extensão, profundidade, densidade dessas novas formas ou pelo volume de remanejamento ou substituição de materiais superficiais originais" (RODRIGUES, 2005).

Por serem caracterizados como assentamentos relativamente recentes e terem desde seu início estado submetidos a leis de preservação ambiental específicas que por impedirem, na área urbana, a realização de corte e aterro e inserção de estruturas profundas no solo, as reduzidas intervenções antrópicas nas camadas inferiores do solo na região da Cratera de Colônia pouco alteraram a morfologia original da estrutura, tendo suas alterações restritas aos materiais superficiais, de forma descrita por Rodrigues (2005):

"Assim, a morfologia original é a que não sofreu intervenção direta nas formas originais, ou seja, os sistemas geomorfológicos podem ter sido objeto de interferências importantes do ponto de vista dos processos, como no caso da ação do desmatamento, mas não sofreram remanejamentos diretos significativos de material como aqueles que ocorrem em áreas com aragem, pastagem intensiva e uso de trator (superfícies agrícolas) ou cortes, aterros e substituição por materiais tecnogênicos (superfícies urbanas)."

Deste modo, as intervenções antrópicas realizadas pelo bairro Vargem Grande restringem-se àquelas relacionadas a instalação de sistemas subterrâneos superficiais (abastecimento, saneamento, comunicação) e sistema viário superficial (RODRIGUES, 2005), a partir de arruamento retilíneo, que, em desrespeito ao padrão de drenagem local, provoca uma ocupação inadequada, alterando a drenagem (PALOS, 2004), principalmente na vertente interna norte do anel colinoso e demais áreas em que ocorreu abertura de estradas e ruas, onde a impermeabilização do solo alteram a drenagem e escoamento, podendo intensificar os processos erosivos (NIR, 1983).

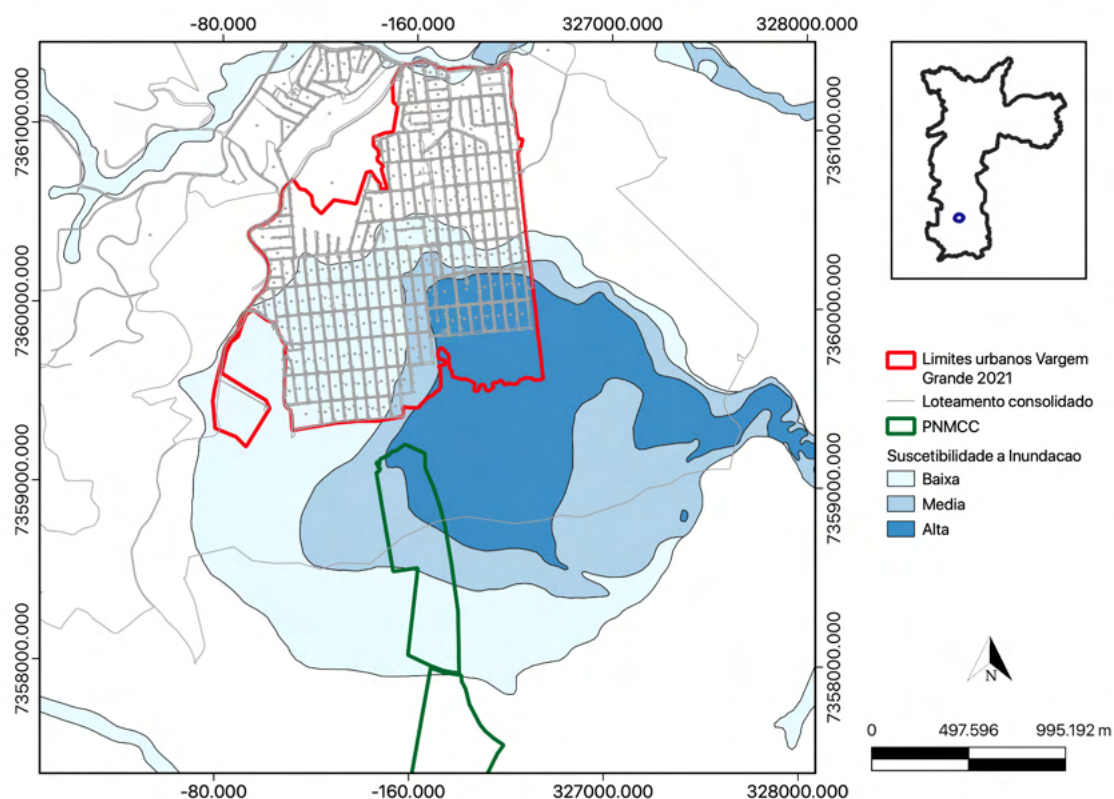
A respeito das interferências antrópicas em sistemas hidro-geomorfológicos, mais especificamente os da Bacia hidrográfica do Alto Tietê, na qual a Cratera de Colônia está inserida, Rodrigues (2010) afirma que as planícies de inundação originais, como por exemplo a planície central da cratera, começaram a apresentar taxas significativas de supressão por ocupação urbana a partir da segunda metade do século XX. As evidências desse processo podem ser constatadas a partir da análise de dados de vazão de pico e taxas de transporte de carga sedimentar em

suspensão nos cursos fluviais de maior ordem, estando diretamente relacionadas ao padrão de urbanização nas sub-bacias hidrográficas da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.

O mapa a seguir mostra a suscetibilidade a inundações na planície central da cratera de Colônia, em que é possível observar que os valores mais altos estão associados ao leito do ribeirão Vermelho, bem como a ocorrência de supersaturação de água no solo está relacionada ao desenvolvimento de Cambissolos Húmicos, Latossolos e Gleissolos, correspondente a formação da turfeira. As maiores taxas de suscetibilidade também se associam a formação vegetal, de forma que a maior está associada aos Campos Brejosos próximos ao leito do ribeirão Vermelho, as médias à Mata de Brejo - sujeita a encharcamento no período chuvoso - e Mata de Turfeira que apresentam condição de charco.

O avanço da área urbana sobre a planície de inundações não traz apenas consequências para a população que se torna vulnerável a enchentes e danos nas propriedades devido a instabilidade do solo, mas também consequências ambientais relacionadas a impermeabilização dessas áreas e a diminuição de infiltração de água no solo, o que altera o equilíbrio dinâmico de um sistema naturalmente frágil.

Mapa 11: Suscetibilidade a inundações na cratera de Colônia e Vargem Grande.

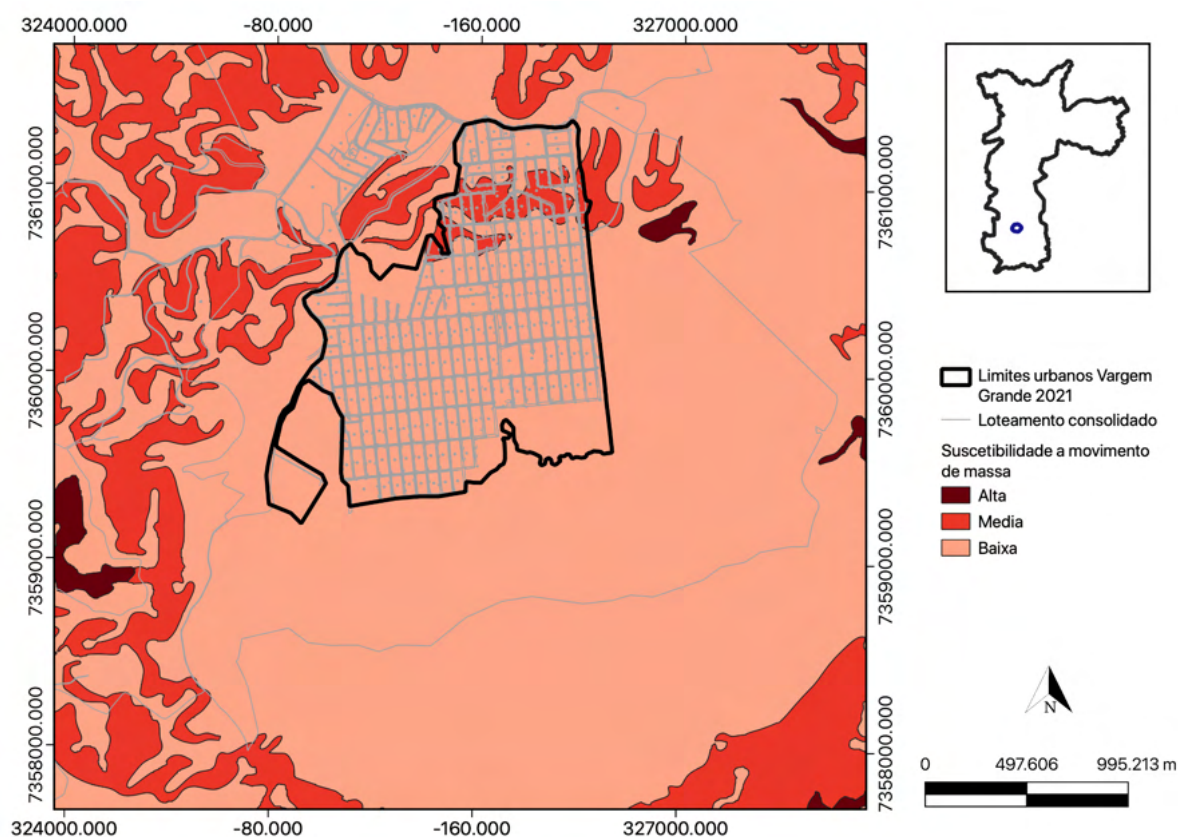


Fonte: Dados Geosampa (2021). Elaborado pela autora.

As consequências das intervenções antrópicas sobre vertentes com padrões morfológicos originais de morros e morrotes, como apresenta o anel colinoso da Cratera de Colônia, são processos erosivos, principalmente movimento de massa e escoamento superficial concentrado, que agravados pela retirada de cobertura vegetal nativa e alterações na drenagem com impermeabilização do solo, estão associados aos sistemas morfológicos complexos em áreas urbanas periféricas constituídas por loteamentos da classe pobre (RODRIGUES, 2010), como é o caso de Vargem Grande. Ainda sobre as alterações na drenagem, seria possível inferir que o processo de rebaixamento natural do anel colinoso através da dissecação promovida pelos canais que fluem entre as vertentes, poderia ser intensificado pelas alterações no padrão de drenagem provenientes da ocupação.

As vertentes internas côncavas do anel colinoso possuem maior suscetibilidade a movimento de massa, pois além de estarem vinculadas ao escoamento concentrado e preferencial da água em um evento chuvoso, também são mais vulneráveis a possibilidade de formação de ravinas e outras estruturas erosivas que possibilitam os eventos de movimentos de massa. A pavimentação de vertentes e outros canais de drenagem impacta o escoamento da água, uma vez que é criado um vazio entre a via pavimentada e o solo abaixo, levando não somente à deterioração da via em suas laterais em contato com o solo ao lado assim como um desgaste da parte inferior em contato com o solo abaixo, levando assim, à erosão da via, e em outros eventos também pode levar a um aprofundamento que junto com a super saturação da subsuperfície em água e o escoamento superficial podem ocasionar em um movimento de cascata que resulta em um movimento de massa (COLTRINARI, 1996).

Mapa 12: Suscetibilidade a movimento de massa na cratera de Colônia.



Fonte: Dados Geosampa (2021). Elaborado pela autora.

O Plano de Manejo do PNMCC também cita outros problemas associados ao desenvolvimento urbano na cratera e o risco de movimento de massa, e afirma que muitas das áreas do loteamento Vargem Grande apresentam severas restrições à ocupação humana. A primeira dessas áreas corresponde aos limites da vertente côncava próximos a planície central da cratera, onde se observa a formação da Floresta paludosa (ou Mata de Turfeira), que devido ao desenvolvimento de um Gleissolo Melânico Distrófico, que apresenta baixa capacidade de suporte devido a saturação constante de água, oferecendo pouca estabilidade e sofrendo subsidência, o que é confirmado por moradores das partes mais baixas, que relatam rachaduras na estrutura de suas casas. A segunda corresponde às vertentes internas do anel colinoso da cratera, suscetível a deslizamentos (eventos de alta magnitude e baixa frequência) que se agravam com a retirada da cobertura vegetal original e impermeabilização e pavimentação do solo.

Desta forma, devido às complexidades das interações entre os sistemas físicos e

ações humanas no meio tropical úmido, a interpretação de geoindicadores pode ser utilizada para medir e caracterizar quantitativamente e qualitativamente o grau das mudanças ambientais (COLTRINARI, 1996) e auxiliar a impedir os avanços de intervenções antrópicas que alteram a localização e propriedades dos materiais superficiais, é também prevenir que ocorram alterações na morfologia do relevo, preservando as características naturais do sítio. Esta ideia de preservação de estruturas geomorfológicas como parte da preservação da cultura e patrimônio se baseia no conceito de geodiversidade.

Geodiversidade e geoconservação

O conceito de geodiversidade parte do princípio de que a natureza é composta por duas entidades conectadas e interdependentes: os meios bióticos e abióticos. O primeiro é composto pela fauna e flora, alvo principal das políticas de preservação, e o segundo composto por rochas, fósseis, minerais, formas de relevo e paisagem, que estão relacionados aos processos de vulcanismo, hidrotermalismo, intemperismo, formação de solo, erosão, transporte e sedimentação. Assim, "a manutenção da integridade e da funcionalidade desses sistemas terrestres (ou geossistemas) é fundamental para a qualidade de vida das sociedades e determinante para o equilíbrio dos ecossistemas e para a própria vida na Terra" (BORBA, 2011).

Partindo destes princípios surgiu a necessidade do conceito de geoconservação, que tem como objetivo a preservação e valorização da porção abiótica da natureza. A geoconservação envolve a proteção legal das feições geológicas e geomorfológicas de destaque compreendidas em unidades de conservação; a valorização da geodiversidade e do geopatrimônio junto às comunidades locais; educação geocientífica do público; e geoturismo consciente (BORBA, 2011).

O valor da geodiversidade está ligado não somente a valores de exploração, mas também a valores intrínsecos ou de existência, valores culturais - do que aquela feição representa na paisagem -, valores estéticos e claro, valores funcionais (base para o desenvolvimento de ecossistemas) e valores científicos-educacionais (BRILHA, 2005).

Segundo Borba (2011), as estruturas a serem preservadas, partindo do conceito de geodiversidade, são chamados geossítios, e se dividem em três principais tipos:

geossítios de afloramento ou exposição, aqueles com boa continuidade em subsuperfície e que necessitam apenas manutenção periódica para conservar e garantir o acesso; geossítios finitos, com ocorrência restrita a determinado local, nos quais a remoção de material deve ser controlada ou proibida; e geossítios de integridade, geralmente de cunho geomorfológico, nos quais devem ser mantidas a dinâmica dos processos ou a integridade das formas de relevo. É neste último tipo que se enquadra a Cratera de Colônia, feição geomorfológica de características únicas.

Segundo Brilha (2005), as estratégias de conservação consistem na elaboração de uma metodologia que abrange as seguintes etapas: inventário, quantificação, classificação, conservação, valorização, divulgação e monitoramento, respectivamente. Para elaboração de tal plano, e principalmente para a execução das três últimas etapas que envolvem a educação da população a respeito da importância da preservação do geossítio, deve-se levar em conta a realidade sociocultural-econômica da área em que se encontra a estrutura a ser preservada, como elucidado por Carvalho (2004):

"A visão socioambiental orienta-se por uma racionalidade complexa e interdisciplinar e pensa o meio ambiente não como sinônimo de natureza modificada, mas como um campo de interações entre a cultura, a sociedade e a base física e biológica nos processos vitais, no qual todos os termos dessa relação se modificam dinâmica e mutuamente. Tal perspectiva considera o meio ambiente como espaço relacional, em que a presença humana, longe de ser percebida como extemporânea, intrusa ou desagregadora ("câncer do planeta"), aparece como um agente que pertence à teia de relações da vida social, natural e cultural e interage com ela. Assim, para o olhar socioambiental, as modificações resultantes da interação entre os seres humanos e a natureza nem sempre são nefastas; podem muitas vezes ser sustentáveis, propiciando, não raro, um aumento da biodiversidade pelo tipo de ação humana ali exercida" (CARVALHO, 2004, p. 37).

Essa abordagem socioambiental da geoconservação é fundamental para preservação de ambientes inseridos em áreas urbanas, pois para além de ter como objetivo a mitigação dos danos ao meio ambiente, envolve a população como atores políticos e socioambientais nos projetos de conservação dos sítios, uma vez que juntamente ao poder público são os responsáveis pelo manejo dos ambientes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A preservação de paisagens naturais próximas a áreas urbanas encontra desafios à medida que a cidade se expande e novas ocupações surgem alterando e substituindo o meio natural. A partir, principalmente, da revisão bibliográfica do tema, foi possível compreender como a intervenção antrópica por meio da expansão urbana pode alterar as dinâmicas geomorfológicas e equilíbrio dos ecossistemas, impactando negativamente a geodiversidade.

A Cratera de Colônia, localizada no extremo sul da cidade de São Paulo, é uma feição geomorfológica de formato quase perfeitamente circular com 3,6 km de diâmetro, compreendida entre a o reverso da escarpa da Serra do Mar e o Planalto Paulistano. A estrutura é composta por uma depressão central, com preenchimento sedimentar, e um anel colinoso, recoberto por Mata Atlântica, circunscrito à última. Inicialmente, a ausência de processos endógenos que pudessem explicar sua origem fez com que a Cratera de Colônia recebesse especial atenção de cientistas. Evidências de metamorfismo de choque encontradas recentemente, tornou possível a comprovação de sua origem por impacto de um corpo celeste.

A região em que se insere a cratera, situada sobre uma complexa faixa de dobramentos que data do período Proterozóico, é caracterizada por um mar de colinas rebaixadas intercaladas por vales com planícies aluviais, que evidenciam o estágio avançado de evolução do relevo. A singularidade das características naturais da cratera, como morfologia simples, padrão de drenagem radial com anomalias de drenagem, presença de depósito de turfa - único sob essas condições no Hemisfério Sul -, composição florística muito diversa e fauna endêmica ameaçada, faz com que a preservação da Cratera de Colônia seja alvo de debate e grande emprego de esforços por parte do poder público.

Compreendida entre o Parque Estadual da Serra do Mar, unidade de conservação de proteção integral, e os limites urbanos de São Paulo, a Cratera de Colônia pode ser considerada um território em disputa entre as políticas de preservação e do morar. O processo de ocupação na região que teve início com propriedades rurais de agricultura familiar, hoje se encontra cada dia mais acentuado. A expansão da periferia urbana refletida através do adensamento da

população das classes mais pobres no bairro Vargem Grande, deu origem a intervenções antrópicas na dinâmica natural da área, como a retirada de vegetação nativa para dar lugar às lavouras e assentamentos, instalação da rede subterrânea de saneamento básico, impermeabilização do solo através de calçamento em alguns pontos do bairro, escavações de poços artesianos, assoreamento de rios e demais ações que alteram as propriedades dos materiais superficiais do relevo.

Para melhor compreender as consequências duradouras das intervenções antrópicas, feitas principalmente na drenagem, da Cratera de Colônia, poderiam ser aplicados métodos da chamada cartografia geomorfológica retrospectiva. No entanto, a falta de dados - como mapas e cartas mais específicos - e o fato da ocupação da área ser relativamente recente (estágio inicial de perturbação), e ter sido acompanhada desde o início por leis de preservação ambiental que ajudaram a conter os avanços da urbanização, faz com que sejam necessários estudos mais aprofundados sobre o tema.

As alterações no relevo como fruto das intervenções antrópicas geram uma nova morfologia complexa, descaracterizando a paisagem original. Para frear os processos de descaracterização é justificada, além de projetos de conscientização e educação envolvendo a população local, a implementação de leis de preservação não somente da biodiversidade, como também da geodiversidade, ou seja, a conservação das características morfológicas, mais próximas às originais possível, dos geossítios de integridade, como é o caso da Cratera de Colônia.

Devido às crescentes e recentes expansões da área urbana do bairro sentido ao centro da cratera, uma alternativa visando a efetiva preservação da morfologia original e equilíbrio dinâmico do geossítio seria possível a partir da criação de um geoparque abrangendo a totalidade da estrutura, a fim de garantir maior fiscalização na área e fazer cumprir a legislação já existente, que apesar de bastante restritiva à expansão urbana, não se reflete na prática.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N., **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. São Paulo, 1957, 335f. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo.

ARANTES, J. T; Cratera guarda a memória de impacto de corpo celeste na periferia de São Paulo. **Agência FAPESP**, São Paulo, 22 de março de 2016. Disponível em <<https://agencia.fapesp.br/cratera-guarda-a-memoria-de-impacto-de-corpo-celeste-na-periferia-de-sao-paulo/22887/>> Acesso em: 18 de dezembro de 2021

BITTENCOURT, B.; Bairro em SP cresce dentro de cratera de milhões de anos. **Folha de São Paulo**. 2015. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/saopaulo/2015/01/1570933-bairro-em-sp-cresce-dentro-de-cratera-de-milhoes-de-anos.shtml>>. Acesso em: 12 de Fevereiro de 2021.

BORBA, A. W., **Geodiversidade e geopatrimônio como bases para estratégias de geoconservação: conceitos, abordagens, métodos de avaliação e aplicabilidade no contexto do Estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisas em Geociências, n. 38. Rio Grande do Sul. p. 3-13. 2011

BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação**. Palimage Editores, Braga. 2005

CARDONA, O. C.; **Turfeiras do Sorocá-Mirim, Ibiúna, SP**. 2018. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARLOS, A.F.A. Da “organização” à “reprodução” do espaço no movimento do pensamento geográfico. In. Org. **A Produção do Espaço Urbano: agentes e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2012. P. 53-73

COLTRINARI, L. Natural and anthropogenic changes in the Brazilian tropics. In: BERGER, A. R.; IAMS, W. J. (Eds.). **Geoindicators: Assessing rapid environmental changes in Earth Systems**. Rotterdam: A. A. Balkema, p. 295-310, 1996.

CONDEPHAAT. Estudo de Tombamento da Cratera de Colônia. Processo número 32938/95. São Paulo, 1995.

CONPRESP. Resolução de Tombamento da Cratera de Colônia. Resolução número 27. São Paulo, 2018.

CRATERA DE COLÔNIA. Condephaat, São Paulo. Disponível em: <<http://condephaat.sp.gov.br/benstombados/cratera-de-colonia/>> Acesso em: 12 de Fevereiro de 2021.

CRATERA NA ZONA SUL É TOMBADA PELO GOVERNO. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 17 fevereiro de 2003. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1708200305.htm>> Acesso em: 12 de

fevereiro de 2021.

CRÓSTA, A. P. **Estruturas de Impacto No Brasil: Uma Síntese do Conhecimento Atual**, 32o Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, Salvador, 1982, pp. 1372-1377.

DIETZ, R.S. **Astroblemes**. *Scient. Amer.* 205. p.141-148. 1961

EARTH IMPACT DATABASE. **Planetary and Space Science Center**, 2021. Disponível em: http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/New%20website_05-2018/World.html Acesso em: 15 de Novembro de 2021.

FIORAVANTI, C.; **Os grãos do tempo**. Revista FAPESP, n. 121. 2006. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/os-graos-do-tempo/>. Acesso em: 12 de Fevereiro de 2021.

FRANCHI, G.; SÍGOLO, J. B.; MOTTA, J. F. M.; **Diagnóstico das turfas no Brasil: Histórico da utilização, classificação, geologia e dados econômicos**. Revista Brasileira de Geociências, n. 36, p. 179-190. 2006.

GEOSAMPA: banco de dados. Disponível em http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx Acesso em: 01 de março de 2022.

LEDRU, M.P.; ROUSSEAU, D.D.; CRUZ JR., R.W.; RICCOMINI, C.; KARMANN, I.; MARTIN, L. **Paleoclimate changes during the last 100,000 yr from a record in the Brazilian Atlantic rainforest region and interhemispheric comparison**. *Quaternary Research* v. 64, n. 3, p. 444-450, 2005.

LEFEBVRE, H. O direito à Cidade. in.: **O direito à Cidade**. São Paulo: Centauro, 2001. P. 105-118

LIMA, C.R. **Urbanização e intervenções no meio físico na borda da bacia sedimentar de São Paulo, uma abordagem geomorfológica**. São Paulo, 1990. Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado.

MARÇON, S. L. **Composição florística e estrutura do componente arbustivo-arbóreo do Parque Natural Municipal da Cratera de Colônia, São Paulo, SP**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo - FFCLRP/USP. 120p. 2009.

MOTTA, U. S., FLEXOR, J. M. **Estudo Gravimétrico da Depressão Circular de Colônia, São Paulo, Brasil**. 2o Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, Anais, Salvador, 1991, pp. 140-142.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalem, Ketem Pub. House. 1983

PALOS, C. M. **Vozes da Cratera: representações, sentidos, significados e práticas da questão socioambiental no cenário urbano**. 2004. 279 p. Tese (Pós-Graduação em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PENCK, W. ***Morphological Analysis of Land Forms***. New York: St. Martin's, 1953.

Plano Regional Estratégico da Subprefeitura de Parelheiros - PRE - PA. Quadro 03 do Livro XX - Anexo à Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Plano de Manejo da APA Capivari-Monos**. São Paulo, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. **Plano de Manejo do Parque Natural Municipal da Cratera de Colônia, São Paulo - SP**. 2012. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/plano_de_manejo_pnm_crateradecolonia_2012.pdf>. Acesso em 21 de fevereiro de 2022

RICCOMINI, Claudio; TURCQ, Bruno; LEDRU, Marie-Pierre; SANT'ANNA, Lucy Gomes; FERRARI, José Antônio. **Cratera de Colônia, SP: provável astroblema com registros do paleoclima quaternário na grande São Paulo**. In: Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil[S.l: s.n.], v. 2. , 2009.

RODRIGUES, C. **Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista**. Revista Do Departamento De Geografia, n. 17, 101-111. 2005.

RODRIGUES, C. **Avaliação do impacto humano da urbanização em sistemas hidro-geomorfológicos. Desenvolvimento e aplicação de metodologia na grande São Paulo**. Revista Do Departamento De Geografia, n. 20, 111-125. 2010.

SANTOS, A. H. B.; **Condicionantes estruturais da drenagem e do relevo na cratera de Colônia e entorno, São Paulo - SP**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, A. H. B.; OLIVEIRA, D.; **A influência de um impacto meteorítico na evolução da rede de drenagem no setor meridional do Planalto Paulistano - SP**. Revista de Geografia, v. especial VIII SINAGEO, n. 1. 2010

SILVEIRA, E.; A enorme cratera causada por um corpo celeste que virou bairro na zona sul de SP. **BBC Brasil**, São Paulo, 12 de novembro de 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-41772254>> Acesso em: 12 de Fevereiro de 2021.

TARIFA, J. R & ARMANI, G. **Unidades climáticas urbanas da cidade de São Paulo: Diagnósticos e Bases para a Definição de Políticas Públicas para as Áreas Verdes no Município de São Paulo**. In: SVMA/SP. Atlas Ambiental do município de São Paulo. São Paulo, Laboratório de Climatologia/Departamento de Geografia - USP, 2000. Disponível em: <<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/As%20Unidades%20Clim%E1ticas%20Urbanas.pdf>>. Acesso em: 30 dez. 2021

VELÁZQUEZ, V. F; et al. **Morphological aspects, textural features and chemical composition of spherules from the Colônia impact crater, São Paulo, Brazil**.

Solid Earth Sciences, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 27-36, março, 2021.

VELÁZQUEZ, V. F.; et al, **The Colonia Impact Crater: Geological Heritage and Natural Patrimony in the Southern Metropolitan Region of Sao Paulo, Brazil.** GEOHERITAGE, v. 6, n. 4, p. 283-290. 2014.

VOIVODIC, A. B., **Manancial de Contradições: o conflito entre o morar e as políticas de preservação.** Tese de Mestrado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2017

ZIEGLER, M. F; Análise de sedimentos de cratera reconstituirá 1 milhão de anos da Mata Atlântica. **Agência FAPESP**, São Paulo, 17 de agosto de 2017. Disponível em <<https://agencia.fapesp.br/analise-de-sedimentos-de-cratera-reconstituira-1-milhao-d-e-anos-da-mata-atlantica/25911/>> Acesso em: 18 de dezembro de 2021.